



FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

“COMPARACIÓN DE LAS EFICIENCIAS FITORREMIADORAS
DE LAS ESPECIES *Lolium perenne*, *Pelargonium hortorum* Y
Fuertesimalva echinata EN LA REDUCCIÓN DE LA
CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN SUELOS AGRÍCOLAS DEL
DISTRITO DE HUAMANTANGA, 2017”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA
AMBIENTAL

AUTORA:

RÍOS RODRÍGUEZ, ANA FLAVIA

ASESOR:

MG. CABELLO TORRES RITA JAQUELINE

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

CONSERVACIÓN Y MANEJO DE LA BIODIVERSIDAD

LIMA - PERU

2017 - I

DEDICATORIA

Éste trabajo de investigación va dedicado a mis padres: Juana Rodríguez Vidal y Charlton Ríos Zavala, quiénes han sabido inculcarme valores y perseverancia en cada reto que me propongo.

RÍOS RODRÍGUEZ, ANA FLAVIA

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres que con trabajo y amor me apoyaron en mi etapa profesional y personal, agradezco a mis formadores que me brindaron su conocimiento y experiencias en toda la etapa universitaria, a la Universidad César Vallejo, así mismo agradecer Dios, a cada persona que me brindo su ayuda desinteresada, por motivarme a seguir proponiéndome metas y ser cada día mejor persona.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, RÍOS RODRÍGUEZ ANA FLAVIA con DNI N° 72694524, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniera Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

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

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponde 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, 15 Julio del 2017

Ana Flavia Ríos Rodríguez

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada:, COMPARACIÓN DE LAS EFICIENCIAS FITORREMEIADORAS DE LAS ESPECIES *Lolium perenne*, *Pelargonium hortorum* Y *Fuertesimalva echinata* EN LA REDUCCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN SUELOS AGRÍCOLAS DEL DISTRITO DE HUAMANTANGA – 2017, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Ana Flavia Ríos Rodríguez

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iv
PRESENTACIÓN.....	v
Índice.....	vi
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Realidad Problemática.....	2
1.2 Trabajos previos.....	4
1.3 Teorías relacionadas al tema.....	6
1.4 Formulación del problema.....	15
1.5 Justificación del estudio.....	16
1.6 Hipótesis.....	17
1.7 Objetivos.....	19
II. MÉTODO	
2.1 Diseño de Investigación.....	20
2.2 Variables, operacionalización.....	21
2.3 Población y muestra.....	24
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	27
2.5 Métodos de análisis de datos.....	35
2.6 Aspectos éticos.....	36
III. RESULTADOS	
3.1. Resultados de las concentraciones iniciales del suelo experimental....	37
3.2. Resultados de las concentraciones de plomo en el suelo.....	38
3.3. Resultados del porcentaje de eficiencia en la reducción del plomo.....	43
3.4. Resultados de las concentraciones de plomo en los tejidos vegetales..	47
3.5. Variación del crecimiento de las especies.....	50
3.6. Resultados estadísticos.....	58
IV. DISCUSIÓN.....	71
V. CONCLUSIÓN.....	73
VI. RECOMENDACIONES.....	74

VII. REFRENCIAS.....	75
VIII. ANEXOS.....	78
Anexo N° 1: Formato de instrumentos	
Instrumento N°1: Características Fisicoquímicas del suelo inicial.....	78
Instrumento N°2: Desarrollo fenológico.....	79
Instrumento N°3: Plomo en el suelo durante el tratamiento.....	82
Instrumento N°4: Características físico química durante el tratamiento..	83
Instrumento N°5: Porcentaje de Reducción de plomo.....	84
Instrumento N°6: Concentración de plomo en tejidos vegetales.....	85
Anexo N° 2: Fotografías.....	86
Anexo N° 3: Registro de crecimiento de especies.....	101
Anexo N° 4: Informes de ensayo.....	104
Anexo N° 5: Datos generales.....	114
Anexo N° 6: Matriz de consistencia.....	115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Características del Pasivo Ambiental.....	3
Tabla N° 2: Tipo de Fitorremediación.....	10
Tabla N° 3: Estándar de Calidad Ambiental.....	15
Tabla N° 4: Características de la unidad experimental.....	20
Tabla N° 5: Características del tratamiento.....	20
Tabla N° 6: Operacionalización de las variables.....	22
Tabla N° 7: Coordenadas de punto de muestreo.....	26
Tabla N° 8: Metodología y equipos.....	28
Tabla N° 9: Rango de germinación.....	29
Tabla N° 10: Técnica e instrumento de recolección de datos.....	32
Tabla N° 11: Resultados Iniciales del suelo del distrito de Huamantanga.....	37
Tabla N° 12: Concentración de metales pesados iniciales del relave del suelo experimental de Huamantanga.....	37
Tabla N° 13: Concentración de Pb en el suelo post tratamiento fitorremediadora con Rye Grass.....	38
Tabla N° 14: Concentración de Pb en el suelo post tratamiento fitorremediadora con Geranio.....	40
Tabla N° 15: Concentración de Pb en el suelo post tratamiento fitorremediadora con Malva.....	42
Tabla N° 16: Porcentaje de Reducción de Plomo en el suelo.....	44
Tabla N° 17: Concentración de Pb en los tejidos post tratamiento fitorremediador del Rye Grass.....	47
Tabla N° 18: Concentración de Pb en los tejidos post tratamiento fitorremediador del Geranio.....	48
Tabla N° 19: Concentración de Pb en los tejidos post tratamiento fitorremediador del Malva.....	49
Tabla N° 20: Resultados Iniciales del suelo control del distrito de Huamantanga.....	50
Tabla N° 21: Crecimiento de la especie <i>Lolium perenne</i>	51
Tabla N° 22: Promedio de crecimiento de la especie <i>Lolium perenne</i>	52

Tabla N° 23: Crecimiento de la especie <i>Pelargonium hortorum</i>	53
Tabla N° 24: Promedio de crecimiento de la especie <i>Plargonium hortorum</i>	54
Tabla N° 25: Crecimiento de la especie <i>Fuertesimalva echinata</i>	56
Tabla N° 26: Promedio de crecimiento de la especie <i>Fuertesimalva echinata</i> ..	57
Tabla N° 27: Pruebas de normalidad. Concentración final de plomo.....	58
Tabla N° 28: Concentración final de plomo frente a la concentración inicial de plomo.....	60
Tabla N° 29: Prueba de muestras relacionadas T student.....	60
Tabla N° 30: Estadísticos para una muestra.....	60
Tabla N° 31: Pruebas de normalidad. Crecimiento del Rye Grass.....	62
Tabla N° 32: Prueba de homogeneidad de varianzas. Crecimiento del Rye Grass.....	63
Tabla N° 33: Promedio de crecimiento del Rye Grass.....	64
Tabla N° 34: Prueba de ANOVA. Crecimiento del Rye Grass.....	64
Tabla N° 35: Pruebas de normalidad. Crecimiento del Geranio.....	65
Tabla N° 36: Prueba de homogeneidad de varianzas. Crecimiento del Geranio.....	66
Tabla N°37: Promedio del crecimiento de la especie <i>Plargonium hortorum</i>	67
Tabla N° 38: Prueba de ANOVA. Crecimiento del Geranio.....	67
Tabla N° 39: Pruebas de normalidad. Crecimiento de la Malva.....	68
Tabla N° 40: Prueba de homogeneidad de varianzas. Crecimiento de la Malva.....	69
Tabla N°41: Promedio del crecimiento de la especie <i>Fuertesimalva echinata</i> ..	70
Tabla N° 42: Prueba de ANOVA. Crecimiento de la Malva.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Sistema de Fitorremediación.....	11
Figura N° 2: Sistema de Captación.....	12
Figura N° 3: Rye Grass (<i>Lolium Peremne</i>).....	13
Figura N° 4: Geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>).....	14
Figura N° 5: Malva (<i>Fuertesimalva echinata</i>).....	15
Figura N° 6: Delimitación del área.....	24
Figura N° 7: Distribución de puntos de muestreo.....	25
Figura N° 8: Macetas de Malva y Geranio.....	30
Figura N° 9: Macetas de Rye Grass.....	30
Figura N° 10: Concentración de Pb en el suelo post tratamiento fitorremediadora con Rye Grass.....	38
Figura N° 11: Concentración de Pb en el suelo post tratamiento fitorremediadora con Geranio.....	40
Figura N° 12: Concentración de Pb en el Suelo post Tratamiento Fitorremediadora con Malva.....	42
Figura N° 13: Porcentaje de Reducción del Plomo por Repetición de Especies.....	45
Figura N° 14: Porcentaje de Reducción de Plomo por Especie.....	46
Figura N° 15: Acumulación de Plomo en Rye Grass.....	47
Figura N° 16: Acumulación de Plomo en Geranio.....	48
Figura N° 17: Acumulación de Plomo en Malva.....	49
Figura N° 18: Comparación del crecimiento de la especie Rye Grass experimental repeticiones (R1, R2 y R3) Vs tratamiento control de crecimiento.....	51
Figura N°19: Comparación del crecimiento promedio de la especie <i>Lolium Perenne</i> experimental Vs tratamiento control de crecimiento.....	52
Figura N° 20: Comparación del crecimiento de la especie <i>Pelargonium hortorum</i> experimental repeticiones (R1, R2 y R3) Vs tratamiento control de crecimiento.....	54
Figura N°21: Comparación del crecimiento promedio de la especie <i>Pelargonium hortorum</i> experimental Vs tratamiento control de crecimiento.....	55
Figura N°22: Comparación del crecimiento de la especie <i>Fuertesimalva echinata</i> experimental repeticiones (R1, R2 y R3) Vs tratamiento control de crecimiento.....	56
Figura N°23: Comparación del crecimiento promedio de la especie <i>Fuertesimalva echinata</i> experimental Vs tratamiento control de crecimiento.....	57

RESUMEN

El objetivo principal de la presente tesis es comparar las eficiencias fitorremediadoras de las especies Rye Grass (*Lolium perenne*), Geranio (*Pelargonium hortorum*) y Malva (*Fuertesimalva echinata*) en la reducción de la concentración de plomo del suelo del distrito de Huamantanga; se trajeron 31 kg de tierra del distrito de Huamantanga, en donde se analizó una muestra, en la cual se registró una concentración de plomo inicial de 402,8 mg/kg sobrepasando los Estándares de Calidad Ambiental para suelo. Se distribuyeron 3 Kg de suelo en 9 macetas (3 repeticiones por especie). Se emplearon como especies fitorremediadoras, se analizaron parámetros físicos químicos como Pb, pH, CE, CIC y textura en el suelo, así como análisis de las concentraciones de plomo en las partes áreas y radicales: Raíz (rye grass, geranio y malva), Tallos (geranio) y Hojas (rye grass). Luego de 29, 48 y 70 días de exposición al tratamiento se tomaron muestras de las tres repeticiones donde fueron enviadas al laboratorio para determinar concentraciones de plomo en el suelo y especies, así como pH y CE. Los resultados fueron analizados mediante comparaciones de las concentraciones iniciales y finales, dando como resultado las siguientes eficiencias: Rye grass con 75%, Geranio 69% y Malva 68 % de reducción de plomo, siendo la repetición N°3 de la especie de Rye grass que presento la menor concentración de plomo a los 70 días la cual fue de 59,06 mg/kg, la retención de especies se dio de la siguiente manera Rye grass: raíz>hojas, Geranio: Tallos>raíz, Malva> raíz.

Con el fin de determinar la variación en el crecimiento de las especies empleadas se asignó una repetición control por especie, en la que se expusieron las especies tierra sin presencia de plomo; donde se registró el crecimiento cada 7 días, la cual muestra un efecto de desaceleración del crecimiento de las plantas en las repeticiones control frente al crecimiento de las plantas en las repeticiones con presencia de plomo.

Palabras Clave:

Especies fitorremediadoras, Plomo.

ABSTRACT

The main objective of this thesis is to compare the phytoremediation efficiencies of the species Rye grass (*Lolium perenne*), Geranium (*Pelargonium hortorum*) and Mallow (*Fuertesimalva echinata*) in the reduction of the lead concentration of the soil of the district of Huamantanga; 31 kg of land from Huamantanga district was brought in, where a sample was analyzed, in which an initial lead concentration of 402.8 mg/kg was recorded, surpassing the Environmental Quality Standards for soil, where 3 kg of soil were distributed in 9 pots (3 replications per species). Rye Grass, Geranium and Mallow were used as phytoremediation species, chemical physical parameters such as Pb, pH, CE, CIC and soil texture were analyzed, as well as analysis of the concentrations of lead in the areas and root: Root (rye grass, geranium and mallow), Stems (geranium) and Leaves (rye grass). After 29, 48 and 70 days of exposure to the treatment samples were taken from the three replicates where they were sent to the laboratory to determine concentrations of lead in soil and species, as well as pH and CE. The results were analyzed by comparisons of the initial and final concentrations, resulting in the following efficiencies: Rye grass with 75%, Geranium 69% and Mallow 68% lead reduction, being the N ° 3 repetition of the Rye grass species Which had the lowest concentration of lead at 70 days which was 59.06 mg / kg, retention of species was given as follows Rye grass: root> leaves, Geranium: Stems> root, Mallow> root.

In order to determine the variation in the growth of the species used, a control-by-species repetition was assigned, in which the soil species were exposed without presence of lead; Where growth was recorded every 7 days, which shows a deceleration effect of the growth of the plants in the control repetitions against the growth of the plants in the repetitions with presence of lead

Keywords:

Phytoremediation species, Lead

I. INTRODUCCIÓN

El suelo es ampliamente afectado por la contaminación producto de diversas actividades antropogénicas, entre estas la minería, diferenciándose de otras actividades, esta se desarrolla en un tiempo finito, dichas actividades consisten en la extracción de los recursos no renovables ocasionando cambios en la estructura de la superficie terrestre, generando impactos ambientales significativos.

Al culminar de las actividades de extracción dejan grandes cantidades de pasivos ambientales, generando residuos que contienen principalmente metaloides y metales pesados, representando un gran potencial de contaminación al suelo.

Estos residuos tienden a penetrarse en el ecosistema alterando las características químicas, físicas, y biológicas presentes en el suelo.

Los metales pesados son algunos de los tipos más importantes de contaminantes en el medio ambiente. Existen varios métodos ya utilizados para limpiar el medio ambiente de este tipo de contaminantes, pero la mayoría de ellos son costosos y difíciles de obtener resultados óptimos.

La fitorremediación de suelos es una de las soluciones más eficaces, que consiste en la aplicación de plantas tolerantes a grandes niveles de metales pesados, dichas plantas tienen la capacidad de acumular, absorber o volatilizar contaminantes presentes en el suelo (Chaney, 1997). Dicha solución tiene la ventaja de tener un bajo costo y de ser factible su aplicación y seguimiento, entre las desventajas de esta técnica son las condiciones físicas y químicas que puede presentar el suelo, que pueden repercutir en el desarrollo fisiológico de las especies usadas para remediar, así como el nivel de tolerancia que puedan presentar las plantas a ciertos compuestos (Carpena, M. Pilar Bernal, 2007).

Las plantas (terrestres, acuáticas, leñosas, entre otras) usadas para la fitorremediación, tienen propiedades destinadas a almacenar metales,

convenientemente en el tejido vegetal y raíces, crecen rápidamente y resultan fácilmente cosechables. (R. Restrepo, 2006).

En la actualidad, la fitorremediación es una solución tecnológica eficaz y asequible utilizada para extraer o eliminar los metales inactivos y los contaminantes metálicos del suelo. Esta tecnología es respetuosa con el ambiente y potencialmente rentable. Este estudio pretende revisar alguna información acerca de los relaves mineros, en este caso el plomo su tratamiento mediante plantas Fito tolerantes. También revisa profundamente acerca de la tecnología de la fitorremediación, incluyendo los mecanismos de captación del plomo y varios estudios de investigación sobre los temas asociados. Además, se describen varias fuentes y los efectos del Pb en el medio ambiente, las ventajas de esta clase de remediación para la reducción de ellos, y también los mecanismos de captación del plomo en la tecnología de la fitorremediación, así como los factores que afectan a los mecanismos de captación. También se determinará la eficiencia de remoción del Plomo en los suelos contaminados con relaves mineros por los cultivos: Rye grass (*Lolium perenne*), Geranio (*Pelargonium hortorum*) y Malva (*Fuertesimalva echinata*), la concentración del Plomo en suelos contaminados con relaves mineros antes y después de la fitorremediación, así mismo se evaluará la eficiencia de las tres especies y la variación del crecimiento respecto a un suelo control.

1.1. Realidad Problemática

La alteración del suelo debido a la extracción minera causa afectaciones a la vida biótica y abiótica del suelo, así como las propiedades fisicoquímicas del suelo, alterando la vida de esta.

La actividad minera en el Perú se desarrolla desde hace muchos años atrás de manera rudimentaria, encontrándose explotaciones de pequeña, mediana y gran escala, todo proyecto de actividad minera debe cumplir ciertos parámetros ambientales, los cuales según la Ley N° 27446 Ley del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental establece que toda explotación minera debe contar con un instrumento de gestión ambiental aprobado antes de comenzar con sus actividades, el cual debe contar con un plan de cierre de minas, en el

que se proponen medidas ambientales que vayan de acorde a la envergadura de la actividad y al medio físico impactado, en el que el titular del proyecto debe cumplir al finalizar la vida útil de sus actividades de extracción.

La alteración del suelo se percibe cuando una sustancia se presenta en el suelo con una concentración fuera del estándar, en cantidades superiores, ocasionando impactos significativos.

Los pasivos ambientales mineros en el Perú se han incrementado de manera exponencial los últimos años y eso se refleja en el inventario actualizado de pasivos mineros R.M 102-2015-MEM-DM, donde se encuentran 8 616 pasivos mineros en todo el ámbito del Perú, entre los pasivos mineros se encuentra el siguiente pasivo ambiental minero:

Tabla N° 1: Características del Pasivo Ambiental

Pasivo	Clase	tipo	Provincia	Lugar	Coordenadas UTM, WGS 84		Zona	Concentra ciones
					Este	Norte		ppm
Concentradora canta	Residuo Minero	Relaves	Canta	Huamantanga	313 436	8 723 842	18	402,8

En el área donde se evidencia el pasivo ambiental minero, es resultado de una actividad minea no formal, lo que constituye que el pasivo ambiental no será remediado por el titular de la actividad, es por ello que se requiere remediar el área afectada.

En el distrito de Huamantanga se han evidenciado altas concentraciones de plomo en el suelo agrícola, donde se encontró 402,8 mg/kg de plomo superando el Estándar de Calidad Ambiental para suelo agrícola que es de 70 mg/kg, dándose producto de las actividades mineras antes realizadas, teniendo en cuenta que la zona de evaluación existen cultivos de coliflor lo que estaría repercutiendo en la salud de los pobladores mediante la ingesta

del metal pesado convirtiéndose en un gran problema tanto ambiental como de salud.

Las plantas llamadas hiperacumuladoras, tienen la capacidad de poder captar 1 000 mg/kg de cobre, níquel y plomo. (Baker et al. 2000).

El trabajo de investigación tiene el objetivo de informar sobre los análisis de la presente experimentación para determinar la eficiencia de tres especies fitorremediadoras, en suelos agrícolas contaminados con relaves mineros.

1.2. Trabajos Previos

El *Pelargonium hortorum* fue utilizado para ser evaluado como especie fitorremediadora de suelos alterados utilizando especies del género *Pelargonium hortorum*, evaluando la capacidad de retención de la planta y periodo en el que la especie retiene más los metales pesados, y las consecuencias que provocan los metales en la especie, se experimentó en macetas, estos suelos fueron suministrados con los metales pesados a dos grados, es así como en el grado medio se adicionó las siguientes concentraciones: 0,57 gr de ácido crómico (H_2CrO_4), 0,022 gr de nitrato de cadmio $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, 0,40 gr cloruro de cobre $CuCl_2 \cdot (2H_2O)_2$, 0,32 gr de cloruro de níquel ($NiCl_2 \cdot 6H_2O$), 0,80 gr de nitrato de plomo (N_2O_6Pb) y 1,33 g de sulfato de zinc ($ZnSo_4 \cdot 7H_2O$), para un grado alto se procedió a suministrar el doble de concentraciones del grado medio, las especies mostraron gran tolerancia, extrayendo los metales de la siguiente manera: Pb en raíces, tallos y hojas, siendo la parte radicular con mayor acumulación que las partes aéreas. (Orroño, 2002).

El geranio perfumado, *Pelargonium roseum*, fue usado para absorber y retener níquel, cadmio y plomo. Para esto, las plantas se expusieron a un intervalo de concentración de metal durante un período de tratamiento de 14 días. A continuación, se extrajeron los metales de toda la biomasa. Los resultados mostraron que las plantas de geranio perfumadas acumulan en exceso de 20,055 mg de Ni kg⁻¹ de peso seco (PS) de raíz y 10,889 mg de Ni kg⁻¹ (PS) de rodaje, y de más de 86,56 mg de Pb Kg⁻¹ (PS) para raíces y 4,41

mg de Pb kg⁻¹ (PS) para los lanzamientos dentro de 14 días. Además, la absorción y la retención de cadmio en la parte radicular de las plantas de geranio perfumadas aumentó con la exposición a baja (250, 500 mg L⁻¹) y el nivel medio (750 mg L⁻¹) seguido por una disminución en el nivel más alto (1,000 mg L⁻¹). Se observó que la mayor acumulación en las raíces (31 267 mg/kg PS) en 750 mg L⁻¹ de tratamiento de cadmio. En los brotes de geranios perfumados, se detectó la mayor cantidad de acumulación de metales (1,95 mg/kg PS) en 750 y 1 000 mg L⁻¹ de cadmio. Por último, ya que las elevadas concentraciones de Pb y Ni retenidos en los brotes de geranio perfumado ha superado con creces el 0,1% y el PS para el Cd ha superado con creces el 0,01% (PS), *P. roseum* es una nueva especie hiperacumuladoras de estos metales y se puede utilizar en la industria de la fitorremediación. (Mahdieh et al., 2013).

En la investigación “El alto potencial de la planta *Pelargonium roseum* para la fitorremediación de metales pesados”, se evaluó las consecuencias del plomo en la especie *Pelargonium*, un geranio que se caracteriza por ser hiperacumuladora de metales pesados, en este caso el plomo. En dicha investigación el geranio se hizo crecer en un medio donde contenía 2 500 mg de plomo, logrando una acumulación de 86,5 mg/kg de plomo en la parte radicular. (Mahdieh et al., 2013).

Uno de los estudios realizados por Rubén Sierra donde analizó la fitorremediación usando Rye grass en macetas implementando suelos con diferentes enmiendas y la misma cantidad de plomo, en este experimento cuantificaron la cantidad de plomo en el suelo (suelo inicial de 7 420 mg/kg) y en los tejidos vegetales del Rye Grass, en donde se analizó el pasto en dos tiempos a los treinta días y sesenta días las partes aéreas, obteniéndose que el suelo utilizado como control sin ninguna enmienda fue donde la especie absorbió más plomo en las partes aéreas con 2 438 µg/g y reduciendo el plomo en el suelo llegando a 3 200 mg/kg. (Rubén Sierra, 2006).

La investigación donde se analizan 5 especies andinas para fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados, se llevó a cabo en un

invernadero, en un periodo de 12 meses, se evaluaron 20 tratamientos con la siguiente metodología: un diseño factorial completo de 5 por 4: utilizando cinco especies andinas, y tres porcentajes al treinta, sesenta y al cien por ciento de relave de mina y suelo sin relaves mineros, se utilizaron las siguientes especies: *Lupinus ballianus Brassica*, *Fuertesimalva echinata*, *Urtica urens* y *Solanum nitidum*, al realizar la metodología se pudo evidenciar que la biomasa en el periodo establecido (12 meses) esta disminuía para el caso de la especie *Lupinus ballianus Brassica*, *Fuertesimalva echinata*, *Urtica urens* y *Solanum nitidum*, inducidas al 100% de los relaves mineros, al realizar el experimento en los distintos niveles de porcentajes se concluyó que el cadmio fue Fito extraído con más eficiencia por la especie *L. ballianus* siendo captado por las raíces con una cantidad de 287,3 mg con 100% de relaves mineros, mientras que la *Fuertesimalva echinata* tuvo una gran capacidad para tolerar los relaves mineros así como de acumularlos para el caso del pomo y el zinc mediante sus raíces al 100% de los relaves mineros, dando como resultado 2 015,1 mg/kg de Pb y 1 024,2 mg/kg de Zn.(Jara-Peña, et al., 2014).

1.3. Teorías relacionadas al tema

- **Metal pesado en el suelo.**

Los metales pesados son aquellos que tiene una relación entre su peso y volumen de 5 gr por cm⁻³ al estar de manera elemental o ya sea su número atómico superior a 20. (Manuel Valiente M., et al., 2005)

- **Factores que influyen en la movilidad del Plomo**

- ✓ **pH:** El pH es el parámetro más influyente en el comportamiento de los metales, el cual interfiere en la adsorción y desorción, influyendo grandemente en la dirección que tome el metal en el suelo, este altera la carga de las arcillas, MO y óxidos. El aumento de pH genera un aumento de adsorción y retención de los cationes, siendo la relación indirectamente proporcional donde ocurre una reducción del pH e incrementándose la solubilidad del metal, así mismo la CIC

se reducirá. La gran cantidad de metales se encuentran más solubles en medios donde el pH es ácido (Gustavo Pérez G., 2015).

Reacción del suelo pH	
Fuertemente ácido	5,1 – 5,5
Moderadamente ácido	5,6 – 6,0
Ligeramente ácido	6,1 – 6,5
Neutro	6,6 – 7,3
Ligeramente alcalino	7,4 – 7,8
Moderadamente alcalino	7,9 – 8,4

Fuente: Universidad Nacional Agraria la Molina, 2017.

- ✓ **Conductividad Eléctrica:** La cuantificación de la CE nos ayuda a poder tener una estimación de sales disueltas. Un incremento de la Conductividad Eléctrica ayuda a la unión de enlaces químicos de los metales, dándose por la gran cantidad de sales, ayudando a la movilización de los metales. (Javier Diez Lázaro, 2008).

Conductividad eléctrica		Contenido de sales disueltas
CE μcm	Riesgo	mg/l o ppm
0 – 250	Bajo	160
250 -750	Medio	160 – 480
750 – 2250	Alto	480 – 14400
Más de 2250	Muy alto	Mayor de 1440

Fuente: Universidad Nacional Agraria la Molina, 2017.

- ✓ **Materia Orgánica:** La cantidad de materia orgánica interfiere en las reacciones fisicoquímicas ayudando a la inmovilización y adsorción de los metales. (Javier Diez Lázaro, 2008)
- ✓ **Capacidad de Intercambio Catiónico:** La CIC se ve influenciado por el pH del suelo, arcillas, MO y óxidos. La relación de arcillas y CIC es directamente proporcional a mayor cantidad de arcillas es mayor la cantidad de CIC produciéndose que los metales sean adheridos con mayor facilidad, esto se debe a que se restringe la movilidad y solubilidad del metal. La CIC incrementa la capacidad de

descontaminación de los suelos y los sólidos para adherir los contaminantes en la capa superior del suelo, la adhesión va estar influenciada por las propiedades de cada metal (valencia y radio iónico), produciéndose un incremento en la adhesión y una disminución la valencia y el radio iónico (Gustavo Pérez G., 2015).

< 5 meq/100 gr	Muy baja
5 - 10	Baja
10 – 15	Medio
15 – 20	Alto
>20	Muy alto

Fuente: Universidad Nacional Agraria la Molina, 2017.

- ✓ **Textura:** El tamaño y el espacio poroso influye en la retención de metales, la retención depende de la cantidad de arcilla, ya que un suelo con partículas finas genera un incremento de la superficie reactiva del suelo y esto genera un incremento de la CIC, las cargas de la superficie se incrementan generando la adhesión de los cationes del metal (Gustavo Pérez G., 2015).

- **Plomo en el suelo y las plantas.**

La biodisponibilidad del plomo (Pb) cuando se presenta en concentraciones menores a un 0,1% su concentración es muy baja en las plantas (Huang y col. 1997), esto quiere decir que la concentración en que el plomo se presenta en el suelo determinará la eficiencia de la Fito extracción.

El plomo es altamente tóxico, este metal pesado suele encontrarse conjuntamente con el Cd y el Zn por las características parecidas que presentan dichos metales, estos parecidos también se pueden asociar al Fe, Ni y Co, al darse este trio la relación de la planta y suelo limita el paso del plomo a la cadena alimenticia, el plomo cuando se presenta en suelos alterados puede frenar su movilización con la aplicación de fosforo y magnesio, pese a ellos esta aplicación trae afectaciones a la biodisponibilidad de otros metales. (Hettiarchchi y Pierzynski, 2002).

El destino del plomo en el suelo está afectado por la adsorción en la interfase minerales, la precipitación de moderación formas sólidas solubles del compuesto, y la formación de complejos de metal orgánico relativamente estables o quelatos con materia orgánica del suelo. Estos procesos son dependientes de factores tales como el pH, el tipo de suelo, tamaño de partícula, el contenido de MO del suelo, presencia de coloides inorgánicos y óxidos de hierro, catión capacidad de intercambio (CIC), y la cantidad del plomo en el suelo (NSF, 1977; Reddy et al., 1995).

- ✓ **Transporte de metales en plantas:** Mediante la raíz se transportan el agua y los iones inorgánicos hasta las partes aéreas de la planta por medio de células tubulares (xilema), el movimiento se ejerce gracias al proceso de ósmosis y la succión.

- **Plomo en la salud**

El plomo cuando llega alcanzar el cuerpo humano se llega a distribuir rápidamente, acumulándose principalmente en los dientes y en los huesos, este Pb acumulado tiene la capacidad de poder distribuirse por la sangre durante el periodo de gestación, los niños sufren más los efectos del plomo al no estar bien alimentados, ya que el organismos que los niños presentan tienen la capacidad de acumular el plomo, esto se origina al no haber presencia de nutrientes. (Organización Mundial de la Salud, 2016).

- **Suelos contaminados**

Un suelo contaminado puede ser definido como un área de la litosfera que comprende desde la superficie hasta la capa impermeable tal que sus propiedades y características han sido alteradas, causadas por las actividades antrópicas por los malos manejos de la disposición de los residuos peligrosos, generando un impacto negativo al medio ambiente. (Martín, 2000).

- **Fitorremediación**

Esta tecnología respetuosa con el medio ambiente natural y es rentable, estéticamente agradable y más importante, es capaz de retener el estado de fertilidad del suelo, incluso después de la eliminación de pesada metales (Kirkham, 2006)

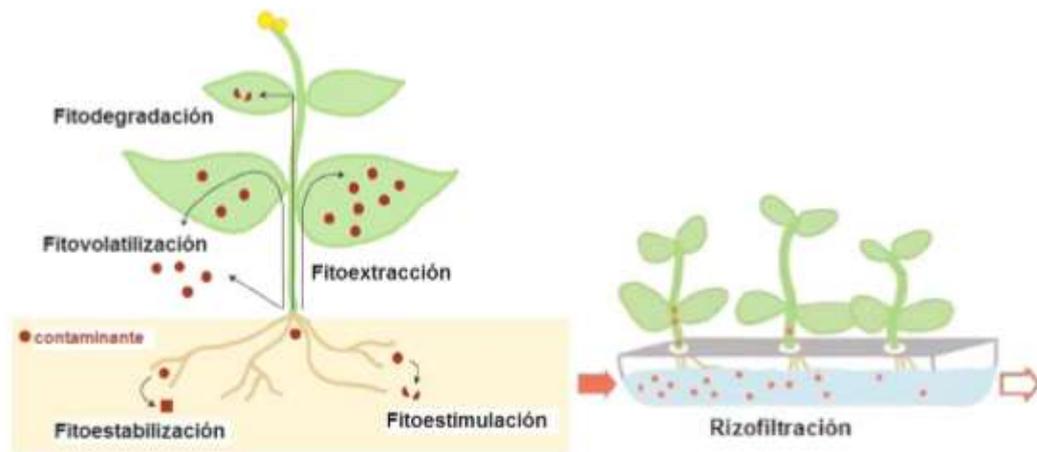
(Huang et al., 1997) menciona que para una fitorremediación económica, las plantas deben de ser capaz de acumular por lo menos 1% del total contenido de metales pesados presentes en el suelo en su seca biomasa aérea. Uno de los puntos más críticos de la fitorremediación es la fitobiodisponibilidad en el suelo (Lombi et al., 2001).

La fito-rremediación: es el uso de especies para destruir o secuestrar sustancias peligrosos de los diversos medios tales como suelo, agua y aire (Prasad, 2003). La fitorremediación se compone de la palabra griega "fito", que se refiere a la planta, y el sufijo latino "remedium", que significa el curado o la restauración. La razón principal para el uso de esta técnica era recoger los contaminantes de los medios y convertirlos en forma fácilmente extraíble (planta tejidos). Básicamente, la fitorremediación de contaminantes se clasifica de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla N° 2: Tipo de Fitorremediación

Tipo	Proceso involucrado	Contaminación Tratada
Fitoextracción	Las plantas se usan para concentrar metales en las partes cosechables (principalmente, la parte aérea)	Cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo, selenio, zinc.
Rizofiltración	Las raíces de las plantas se usan para absorber, precipitar y concentrar metales a partir de efluentes líquidos contaminados y degradar compuestos orgánicos.	Cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo, selenio, zinc, isótopos radiactivos, compuestos fenólicos
Fitoestabilización	Las plantas tolerantes a los metales se usan para reducir la movilidad de los mismos y evitar el pasaje de napas subterráneas o al aire.	Lagunas de desechos de yacimientos mineros. Propuesto para fenólicos y compuestos clorados
Fitoestimulación	SE usan los exudados radiculares para promover el desarrollo de microorganismos degradativos (bacterias y hongos)	Hidrocarburos derivados del petróleo y poliaromáticos, benceno, tolueno, atrazina, etc.
Fitovolatilización	Las plantas captan y modifican metales pesados o compuestos orgánicos y los liberan a la atmósfera con la transpiración	Mercurio, selenio y solventes clorados (tetraclorometano y triclorometano)
Fitodegradación	Las plantas acuáticas y terrestres captan, almacenan y degradan compuestos orgánicos para dar subproductos menos tóxicos o no tóxicos.	Municiones (TNT, DTN, RDX, nitrobenzono, nitrotolueno), atrazina, solventes clorados, DDT, pesticidas fosfatados, fenoles y nitrilos, etc.

Fuente: EPA542-F-96-025. Medidas Fitocorrectivas Septiembre, EUA, 1996



Representación esquemática de los distintos mecanismos de fitocorrección. El contaminante puede ser estabilizado o degradado en la rizosfera, secuestrado o degradado dentro de la planta, o volatilizado (Fuente: Pilon-Smits, 2005).

Figura N° 1: Sistema de Fitorremediación

En la fitorremediación se deben considerar diversos aspectos tales como características del suelo y el clima que pueden influir en la eficiencia y en las plantas, la estructura del suelo, textura, tipo de suelo y contenido de materia orgánica estos pueden limitar la biodisponibilidad del contaminante en el suelo, mientras que la cantidad de agua y la humedad pueden influenciar en el crecimiento de las plantas, la temperatura y la luz del sol tienen la capacidad de transformar los compuestos iniciales en otros compuestos. (Marlon S., 2006).

La relación que tienen las especies con el suelo es mediante las raíces, capa de raíces de hasta 2 mm, por medio de esta capa la especie capta los posibles contaminantes del suelo, las especies se relacionan con el suelo y los metales pesados pero la adhesión a la especie va a depender de la cantidad y tipo de metal, la movilidad desde la capa superior del suelo hasta la rizosfera y su translocación a la semilla de la especie, existen dos tipos de adhesión del metal a la especie : Activa o pasiva o la interacción de ambas, la adhesión pasiva incluye la propagación de iones directamente hacia la endodermis de las raíces, mientras que la adhesión activa necesita energía metabólica. (E.L. Calderón y R. Concha, ca.2006)

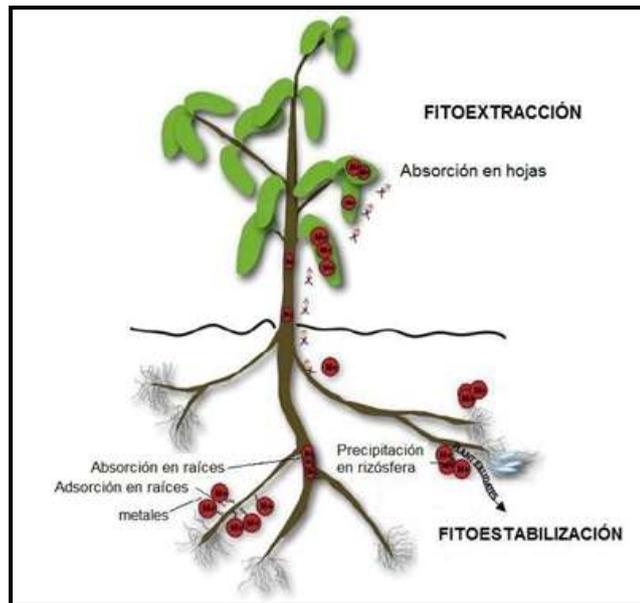


Figura N° 2: Sistema de Captación

- **Especies Fitorremediadoras:**

- ✓ **Rye grass (*Lolium perenne*)**

El Rye-Grass fue seleccionado como planta fitorremediadora, ya que es considerada como especie hiperacumuladora, la forma de captación del contaminante de esta gramínea es a través de sus tejidos aéreos, este pasto italiano crece en pH mayores a 5,5 y debe de tener un buen drenaje.

- Técnica de acumulación del Plomo en el los órganos del *Lolium Perenne*:

El Rye Grass tiene la característica de ser una especie usada para fitorremediar suelos alterados por su gran capacidad para ser tolerante a niveles de concentraciones altas y por su gran tamaño radicular, este individuo es capaz absorber los metales a través de sus raíces y tejidos aéreos, siendo la vía de comunicación la raíz hacia las hojas o solo en las raíces, los metales en el suelo ingresan a la raíz, las raíces micorrizadas tienen carga negativa y los iones carga positiva favoreciendo a la retención en las raíces.



Figura N° 3: Rye Gras (*Lolium Perenne*)

✓ **Geranio (*Pelargonium hortorum*)**

El geranio es considerado especie hiperacumuladora, este arbusto tiene la capacidad de absorber los contaminantes presentes en el suelo mediante la raíz, tallos y hojas, es considerada especie fitoextractora.

- Técnica de acumulación del Plomo en el los órganos del *Pelargonium hortorum*.

El *Pelargonium hortorum* es utilizada ampliamente en técnicas de fitorremediación, esta especie es considerada especie hiperacumuladora por los grandes índices de tolerancia al contaminante, según bibliografía el geranio tiene la capacidad de absorber y/o retener el contaminante de la siguiente manera Raíz>Tallo>Hojas>Flores, algunos estudios determinan que el geranio es una especie fitoestabilizadora por tener la capacidad de retener el contaminante en las raíces, sin embargo se ha

encontrado que a mayor cantidad del plomo en el suelo este llega hasta las partes aéreas.



Figura N° 4: Geranio (*Pelargonium hortorum*)

✓ **Malva (*Fuertesimalva echinata*)**

La malva es endémica de Perú y Bolivia, es una especie que crece a grandes niveles de altura, es considerada especie Fito estabilizadora, ya que tiende a retener los contaminantes en las raíces.

- Técnica de acumulación del Plomo en el los órganos de la *Fuertesimalva echinata*.

La *Fuertesimalva echinata* se caracteriza por encontrarse en las partes alto andinas del Perú, esta especie es denominada como posible especie hiperacumuladora, se caracteriza por acumular grandes cantidades en las raíces y soportar niveles altos de alteración, reteniendo en las raíces los contaminantes, reduciendo el transporte a las vías aéreas.



Figura N° 5: Malva (*Fuertesimalva echinata*)

- **Estándar de calidad ambiental para el suelo**

Los estándares de calidad ambiental (ECA) para suelo son aplicables a todo proyecto y actividad, los cuales se presentan en la siguiente tabla:

Tabla N° 3: Estándar de Calidad Ambiental

Parámetro	Usos del Suelo			Método de ensayo
	Suelo Agrícola	Suelo Residencial/ Extractivos	Suelo Comercial/ Industrial/ Extractivos	
INORGÁNICOS				
Plomo Total (mg/Kg Ms) ⁽²⁾	70	140	1 200	EPA 3050-B EPA 3051

Fuente: El Peruano.

(2): Concentración de metales totales.

1.4. Formulación del Problema

1.4.1. Problema General

- ¿Cuál es la eficiencia fitorremediadora de las especies Rye grass (*Lolium perenne*), Geranio (*Pelargonium hortorum*) y Malva (*Fuertesimalva echinata*) en la reducción de la concentración del plomo inicial del suelo agrícola del distrito de Huamantanga durante el periodo de marzo a junio del 2017?

1.4.2. Problemas Específicos

- ¿Cuál es la cuantificación de los niveles de absorción y adsorción de plomo de las especies Rye grass (*Lolium perenne*), Geranio (*Pelargonium hortorum*) y Malva (*Fuertesimalva echinata*) del suelo agrícola del distrito de Huamantanga durante el periodo de marzo a junio del 2017?
- ¿Cuál es la variación del desarrollo fenológico de la especie Rye grass (*Lolium perenne*), al emplearse en la técnica de fitorremediación en la reducción de concentración del plomo del suelo agrícola del distrito de Huamantanga durante el periodo de marzo a junio del 2017?
- ¿Cuál es la variación del desarrollo fenológico de las especies Geranio (*Pelargonium hortorum*), al emplearse en la técnica de fitorremediación en la reducción de concentración del plomo del suelo agrícola del distrito de Huamantanga durante el periodo de marzo a junio del 2017?
- ¿Cuál es la variación del desarrollo fenológico de la especie Malva (*Fuertesimalva echinata*), al emplearse en la técnica de fitorremediación en la reducción de concentración del plomo del suelo agrícola del distrito de Huamantanga durante el periodo de marzo a junio del 2017?

1.5. Justificación del estudio

Realizar el estudio y análisis sobre éste tema ayudará a conocer más sobre las especies propuestas y la fitorremediación, debido a que éste método se encuentre al alcance y pueda ser realizado por todo tipo profesionales, debido a que las especies Rye grass (*Lolium perenne*), Geranio (*Pelargonium hortorum*) y Malva (*Fuertesimalva echinata*) son plantas que se pueden conseguir fácilmente para su aplicación. Así mismo, porque cada vez se vienen aplicando métodos y tratamientos que logran coadyuvar con la preservación, el desarrollo sostenible y la búsqueda implacable de soluciones óptimas con mayor productividad y utilización de menos recursos. Cabe resaltar, que también es muy beneficioso para la sociedad; debido a que, dicho método tiene diversas aplicaciones y puede ser utilizada en diversos escenarios.

Con este estudio se dará a conocer a la población que no dependemos netamente de productos químicos para disminuir, contrarrestar o menguar los efectos de la contaminación de los pasivos ambientales, sino también que existen formas prácticas y naturales de mitigar los ya mencionados eventos, que deterioran el curso normal de los recursos. En tal sentido, la importancia de la experimentación aplicando las especies ya mencionadas ayudara a determinar una alternativa de solución eficaz, ambientalmente segura para los tratamientos de los pasivos ambientales y a su vez evitar los diversos efectos nocivos tanto para la vida como para el medio ambiente que en la actualidad originan.

Así mismo, cabe mencionar que la ejecución de tratamientos de los pasivos ambientales son muchas veces complejos, es por ello que algunas mineras optan por no realizarlos o simplemente llevan a cabo tratamientos primarios que no son suficientes para controlar ciertos parámetros, en ese sentido se optó por tomar en cuenta un innovador método de tratamiento de pasivos ambientales que en la actualidad es reconocido por la efectividad, bajos costos y diversidad de aplicaciones que implica su ejecución.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general:

H₀: Las eficiencias promedio de la fitorremediación de las especies Rye grass (*Lolium perenne*), Geranio (*Pelargonium hortorum*) y Malva (*Fuertesimalva echinata*) son iguales durante el periodo de marzo a junio del 2017 durante el periodo de marzo a junio del 2017.

$$H_0: \mu_R = \mu_G = \mu_M$$

H₁: Al menos una de las eficiencias promedio de la fitorremediación de las especies Rye grass (*Lolium perenne*), Geranio (*Pelargonium hortorum*) y Malva (*Fuertesimalva echinata*) es distinta durante el periodo de marzo a junio del 2017.

$$H_1: \mu_R \neq \mu_G \neq \mu_M$$

1.6.2. Hipótesis Específica 1:

H₀: Las especies de Rye grass (*Lolium perenne*), Geranio (*Pelargonium hortorum*) y Malva (*Fuertesimalva echinata*) no logran absorber y adsorber plomo del suelo agrícola del distrito de Huamantanga durante el periodo de marzo a junio del 2017.

H₁: Al menos una de las especies Rye grass (*Lolium perenne*), Geranio (*Pelargonium hortorum*) y Malva (*Fuertesimalva echinata*) logran retener absorber y adsorber plomo del suelo agrícola del distrito de Huamantanga durante el periodo de marzo a junio del 2017.

1.6.3. Hipótesis Específica 2:

H₀: El desarrollo fenológico de la especie Rye grass (*Lolium perenne*), no varía según la concentración del plomo presente en el suelo durante el periodo de marzo a junio del 2017.

$$\mathbf{H_0: \mu_{Rcpb} = \mu_{Rspb}}$$

H₁: El desarrollo fenológico de la especie Rye grass (*Lolium perenne*), varía según la concentración del plomo presente en el suelo durante el periodo de marzo a junio del 2017.

$$\mathbf{H_1: \mu_{Rcpb} \neq \mu_{Rspb}}$$

1.6.4. Hipótesis Específica 3:

H₀: El desarrollo fenológico de la especie Geranio (*Pelargonium hortorum*), no varía según la concentración del plomo presente en el suelo durante el periodo de marzo a junio del 2017.

$$\mathbf{H_0: \mu_{Gcpb} = \mu_{Gspb}}$$

H₁: El desarrollo fenológico de la especie Geranio (*Pelargonium hortorum*), varía según la concentración del plomo presente en el suelo durante el periodo de marzo a junio del 2017.

$$\mathbf{H_1: \mu_{Gcpb} \neq \mu_{Gspb}}$$

1.6.5. Hipótesis Específica 4:

H₀: El desarrollo fenológico de la especie Malva (*Fuertesimalva echinata*), no varía según la concentración del plomo presente en el suelo durante el periodo de marzo a junio del 2017.

$$H_0: \mu_{Mcpb} = \mu_{Mspb}$$

H₁: El desarrollo fenológico de la especie Malva (*Fuertesimalva echinata*), varía según la concentración del plomo presente en el suelo durante el periodo de marzo a junio del 2017.

$$H_1: \mu_{Mcpb} \neq \mu_{Mspb}$$

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo General

- Comparar las eficiencias fitorremediadoras de las especies Rye grass (*Lolium perenne*), Geranio (*Pelargonium hortorum*) y Malva (*Fuertesimalva echinata*) en la reducción de la concentración del plomo del suelo agrícola del distrito de Huamantanga durante el periodo de marzo a junio del 2017.

1.7.2. Objetivo Específicos

- Cuantificar los niveles de absorción y adsorción del plomo de las especies Rye grass (*Lolium perenne*), Geranio (*Pelargonium hortorum*) y Malva (*Fuertesimalva echinata*) del suelo agrícola del distrito de Huamantanga durante el periodo de marzo a junio del 2017.
- Determinar la variación en el desarrollo fenológico de la especie Rye grass (*Lolium perenne*), al emplearse en la técnica de fitorremediación en la reducción de concentración del plomo del suelo agrícola del Distrito de Huamantanga durante el periodo de marzo a junio del 2017.

- Determinar la variación en el desarrollo fenológico de la especie Geranio (*Pelargonium hortorum*), al emplearse en la técnica de fitorremediación en la reducción de concentración del plomo del suelo agrícola del Distrito de Huamantanga durante el periodo de marzo a junio del 2017.
- Determinar la variación en el desarrollo fenológico de la especie Malva (*Fuertesimalva echinata*), al emplearse en la técnica de fitorremediación en la reducción de concentración del plomo del suelo agrícola del Distrito de Huamantanga durante el periodo de marzo a junio del 2017.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación

Experimental:

Esta investigación presenta un diseño experimental; ya que se trabajó con la intervención y manipulación de variables.

Tabla N° 4: Características de la unidad experimental

Número de semillas por unidad experimental	1,5 gr
Número de macetas	12
Diámetro de cada maceta	22 cm

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Tabla N° 5: Características del tratamiento

Tratamientos (T)	3
Repeticiones (R)	3
Testigo (T)	3
Unidades Experimentales ((T+1)*R)	12

Fuente: Elaboración propia, 2017.

2.2. Variables y operacionalización

Variable Independiente

- Eficiencia fitorremediadora de las especies Rye grass (*Lolium perenne*), Geranio (*Pelargonium hortorum*) y Malva (*Fuertesimalva echinata*).

Variable Dependiente

- Concentración de plomo en el suelo agrícola del distrito de Huamantanga.

Tabla N° 6: Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE Eficiencia fitorremediadora de las especies Rye grass (<i>Lolium perenne</i>), Geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>) y Malva (<i>Fuertesimalva echinata</i>).	La eficiencia fitorremediadora es la capacidad para reducir concentraciones de plomo presentes en el suelo y tolerancia de las especies Rye grass (<i>Lolium perenne</i>), Geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>) y Malva (<i>Fuertesimalva echinata</i>) en suelos con plomo.	La eficiencia fitorremediadora es la capacidad de las especies Rye grass (<i>Lolium perenne</i>), Geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>) y Malva (<i>Fuertesimalva echinata</i>) para reducir plomo. Para ellos se realizaron análisis de plomo el día 0, 29, 49 y 70, así también se determinó el desarrollo fenológico de las especies, las concentraciones de plomo en los tejidos vegetales, así como la evaluación de los parámetros fisicoquímicos del suelo.	Desarrollo fenológico (especies)	<ul style="list-style-type: none"> Crecimiento (altura) 	cm
			Niveles de Absorción y/o retención	<ul style="list-style-type: none"> Acumulación del Plomo (partes áreas, partes radicales). 	mg de plomo kg ⁻¹ MS
			Porcentaje de reducción de plomo	<ul style="list-style-type: none"> $\% = \frac{C_i - C_f}{C_i} * 100$ 	%
				<ul style="list-style-type: none"> C inicial – C final 	mg kg ⁻¹
			Parámetros Fisicoquímicos	Conductividad Eléctrica (CE)	µS/cm
				Capacidad de Intercambio catiónico (CIC)	meq/100 gr
				pH	Unidades de pH

<p style="text-align: center;">DEPENDIENTE</p> <p style="text-align: center;">Concentración de plomo en el suelo agrícola del distrito de Huamantanga</p>	<p>Cantidad de plomo presente en el suelo, el cual puede presentar o no altas concentraciones alterado las condiciones del medio donde se presente.</p>	<p>La determinación de las concentraciones del plomo se realizó antes y durante la fitorremediación, se evaluó la concentración en el día 0, 28, 49 y 70 a través de los cuales se determinará la reducción de plomo.</p>	<p>Concentración de plomo en el suelo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Cantidad del plomo inicial del suelo 	mg kg-1
				<ul style="list-style-type: none"> Cantidad del plomo final en el suelo. 	mg kg-1

Fuente: Elaboración propia, 2017.

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

La población está dada por 2,5 ha de suelo agrícola del distrito de Huamantanga.

2.3.2. Muestra

El tamaño de muestra considerada fue de 31 Kg de suelo agrícola del distrito de Huamantanga.

2.3.3. Muestreo

- **Tipo de muestreo**
 - ✓ **Delimitación del lugar**

La zona de evaluación se encuentra próxima a la carretera Canta en el km 68, la zona de acceso es mediante el cruce del río Chillón, el área de evaluación tiene un total de 2,5 ha.



Figura N° 6: Delimitación del área

Fuente: Google Earth pro.

✓ **Distribución de puntos de muestreo y número de muestras**

El muestreo se realizó tomando sub muestras en forma de zig zag, mezclando cada sub muestra posteriormente se mezcló y se formó una muestra compuesta la cual se llevará a analizar.

Se realizaron 15 puntos de muestreo separados por un transecto de 50 m cada uno.

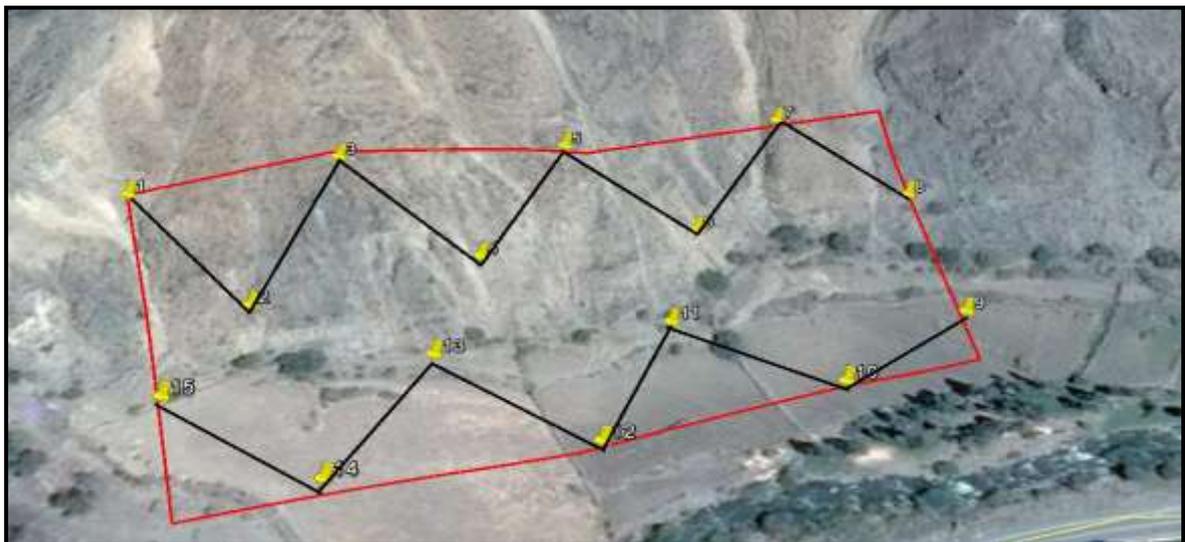


Figura N° 7: Distribución de puntos de muestreo

Fuente: Google Earth pro.

✓ **Coordenadas de Puntos de Muestreo**

Tabla N° 7: Coordenadas de puntos de muestreo

Punto	Coordenadas UTM WGS 84	
	Este	Norte
1	313 390	8 723 815
2	313 430	8 723 792
3	313 446	8 723 833
4	313 488	8 723 820
5	313 314	8 723 856
6	313 552	8 723 840
7	313 583	8 723 886
8	313 649	8 723 867
9	313 622	8 723 803
10	313 612	8 723 781
11	313 552	8 723 795
12	313 521	8 723 755
13	313 468	8 723 775
14	313 453	8 723 747
15	313 420	8 723 757

Fuente: Elaboración propia, 2017.

✓ **Profundidad del suelo:**

El muestreo se realizó en el Horizonte "A" del suelo agrícola del distrito de Huamantanga con una profundidad de 20 cm.

Los puntos de muestreo fueron diseñados, los antecedentes del lugar contaminado, fuentes contaminadoras, la orografía, la heterogeneidad del lugar y el tipo de suelo (agrícola, residencial, suelo comercial).

En cada punto de muestreo se procedió a realizar lo siguiente:

- Se limpió el lugar donde se realizaron la toma de muestras, eliminando la cobertura vegetal u hojarasca así como piedras; una vez limpiado la

superficie se procedió a cavar un hoyo en forma de V a una profundidad de 20 cm de la superficie del suelo.

- Luego de extraer las sub muestras estas fueron mezcladas con la sub muestra de los puntos sucesivos formando una muestra compuesta.
- Finalmente se procedió a sacar una muestra representativa de 2 kg en una bolsa hermética debidamente rotulada para realizar el primer análisis, que consistió en análisis de Pb (plomo), Cd (cadmio), Cr (cromo), textura, Conductividad Eléctrica (CE), pH y capacidad de intercambio catiónico (CIC).

2.3.4. Unidad de análisis:

Se realizó un muestreo inicial y final, para evaluar la concentración del plomo en el suelo los cuales serán comparados con el ECA de suelos del país.

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

2.4.1. Técnicas

Las técnicas de recolección de datos empleadas en esta investigación fueron, el análisis fisicoquímico; para determinar las concentraciones del plomo iniciales del suelo agrícola del distrito de Huamantanga, así también para medir las concentraciones del plomo post tratamiento de fitorremediación aplicando las especies de Rye Grass, Geranio y Malva, también la observación la cual se plasmó a través de los registros que se crearon con la finalidad de medir la variación del desarrollo de las especies expuestas a los tratamientos de fitorremediación.

2.4.2. Instrumentos:

Registro control de crecimiento de las especies *Pelargonium Hortorum*, *Fuertesimalva Echinata* y *Lolium Perenne*: Con estos instrumentos se recolecto información sobre la variación del crecimiento de las especies expuestas al suelo con una concentración inicial del plomo de 402,8 mg/kg frente a las plantas que durante el tiempo de tratamiento no estuvieron expuestas al plomo.

Registro de parámetros Físico – Químicos:

Este instrumento permitió recolectar información sobre parámetros físico-químicos como pH, CIC, CE, Pb, Cu y Cd de las macetas de tratamiento designados para la fitorremediación.

Se utilizó la siguiente metodología y equipos:

Tabla N°8: Metodología y equipos

Ensayo	Método/Equipo	Unidad
pH	Multiparámetro WTW multi 3630	Unidades de pH
Conductividad eléctrica (CE)	Multiparámetro WTW multi 3630	μS/cm
Capacidad de Intercambio catiónico (CIC)	Acetato de amonio 1N, pH 7,0	<5 meq/100 gr
Plomo (Pb)	Espectroscopia de emisión óptica por plasma acoplado inductivamente (ICP-OES).	mg/kg Ms
Cobre (Cu)	Espectroscopia de emisión óptica por plasma acoplado inductivamente (ICP-OES).	mg/kg Ms
Cadmio (Cd)	Espectroscopia de emisión óptica por plasma acoplado inductivamente (ICP-OES).	mg/kg Ms

Obteniendo el primer resultado de cuantificación del plomo en el suelo se procedió a compararlo con el Estándar de Calidad Ambiental del Suelo D.S N° 002-2013-MINAM, verificando que los niveles del plomo superan los estándares para un suelo tipo agrícola.

ÁREA DE ACONDICIONAMIENTO

Para el experimento se acondiciono un área determinada en una vivienda del distrito de San Martin de Porres, en la Urbanización los Portales de Chavín IV etapa Mz E lote 12, entre los meses de Febrero y Junio del 2017.

IMPLEMENTACIÓN DEL EXPERIMENTO

Se implementaron 12 macetas de plástico con una capacidad de 4 kg cada una, se implementaron bandejas para evitar lixiviados, se utilizaron 31 kg de suelo contaminado del distrito de Huamantanga y 9 Kg de suelo control del crecimiento de las especies.

El sustrato fue previamente secado y tamizado, incorporando 3 kg en las macetas utilizadas para el tratamiento, tanto en las macetas utilizadas como control.

Las semillas de Rye Grass (*Lolium perenne*) y Geranio (*Pelargonium hortorum*) fueron compradas, las semillas de Malva (*Fuertesimalva echinata*) fueron recolectadas de la Provincia de Huamanga - Ayacucho. Las semillas fueron pesadas obteniendo 1,5 g de semillas por especie y repetición, las cuales fueron sembradas cada una en sus respectivas macetas, iniciando su germinación de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla N° 9: Rango de germinación

Especie	Rango de germinación
Rye Grass	3-5 días
Geranio	14-18 días
Malva	18- 28 días



Figura N° 8: Macetas de Malva y Geranio

Fuente: Elaboración Propia, 2017.



Figura N° 9: Macetas de Rye Grass

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Se instalaron 3 grupos experimentales: especies de Rye Grass (*Lolium perenne*), Geranio (*Pelargonium hortorum*) y Malva (*Fuertesimalva echinata*) teniendo 3 repeticiones por especie con suelo con una concentración inicial del plomo de 402,80 ppm y 3 macetas control por especie.

REPETICIÓN 1 Cód: R1-R Concentración inicial: 402,80 mg/kg MS Especie: <i>Lolium perenne</i> Rye Grass	REPETICIÓN 2 Cód: R2-R Concentración inicial: 402,80 mg/kg MS Especie: <i>Lolium perenne</i> Rye Grass	REPETICIÓN 3 Cód: R3-R Concentración inicial: 402,80 mg/kg MS Especie: <i>Lolium perenne</i> Rye Grass	REPETICIÓN TESTIGO Cód: SR-T Concentración inicial: 0 mg/kg MS Especie: <i>Lolium perenne</i> Rye Grass
--	--	--	---

REPETICIÓN 1 Cód: R1-G Concentración inicial: 402,80 mg/kg MS Especie: <i>Pelargonium hortorum</i> Geranio	REPETICIÓN 2 Cód: R2-G Concentración inicial: 402,80 mg/kg MS Especie: <i>Pelargonium hortorum</i> Geranio	REPETICIÓN 3 Cód: R3-G Concentración inicial: 402,80 mg/kg MS Especie: <i>Pelargonium hortorum</i> Geranio	REPETICIÓN TESTIGO Cód: SG-T Concentración inicial: 0 mg/kg MS Especie: <i>Pelargonium hortorum</i> Geranio
--	--	--	---

REPETICIÓN 1 Cód: R1-M Concentración inicial: 402,80 mg/kg MS Especie: <i>Fuertesimalva echinata</i> Malva	REPETICIÓN 2 Cód: R2-M Concentración inicial: 402,80 mg/kg MS Especie: <i>Fuertesimalva echinata</i> Malva	REPETICIÓN 3 Cód: R3-M Concentración inicial: 402,80 mg/kg MS Especie: <i>Fuertesimalva echinata</i> Malva	REPETICIÓN TESTIGO Cód: S-T Concentración inicial: 0 mg/kg MS Especie: <i>Fuertesimalva echinata</i> Malva
--	--	--	--

Se realizaron controles de crecimiento de las 3 especies, cada 7 días para determinar datos sobre los posibles efectos de las especies al emplear los tratamientos fitorremediadores.

Se realizaron 3 análisis, el primer análisis se realizó a los 28 días después de la germinación de las especies, en el que se determinó pH, CE, plomo en el suelo, plomo en los tejidos vegetales: Raíz (Malva, Geranio y Rye grass), Tallo

(Geranio) y Hojas (Rye grass), el segundo análisis se realizó a los 49 y el tercer análisis a los 70 días de germinación y se determinó los mismos parámetros.

Tabla N°10: Técnica e instrumento de recolección de datos

Etapa	Fuente	Técnicas	Instrumentos	Resultados
Análisis de la muestra de suelo testigo inicial	Laboratorio UNALM	Análisis fisicoquímicos	Instrumento N°1: Registro de las Características Físicoquímicas del suelo inicial	Concentración del plomo, pH y CE
Análisis de la muestra inicial de suelo agrícola del distrito de Huamantanga.	Laboratorio UNALM	Análisis fisicoquímicos	Instrumento N°1: Registro de las Características Físicoquímicas del suelo inicial	Concentración del plomo, cadmio y cobre, CIC, CE y pH.
Seguimiento del desarrollo de las especies	Macetas	Observación	Instrumento N°2: Registro del Desarrollo fenológico	Variación del desarrollo de las especies.
PRIMER ANÁLISIS R1	Laboratorio UNALM	Análisis fisicoquímicos	-Instrumento N°4: Registro de las Características físico química durante el tratamiento -Instrumento N°6: Registro de las Concentración del plomo en tejidos vegetales	Concentración del plomo en raíces, tallo y hojas, análisis de suelo plomo análisis de CE y pH.
SEGUNDO ANÁLISIS R2	Laboratorio UNALM	Análisis fisicoquímicos	-Instrumento N°4: Registro de las Características físico química durante el tratamiento -Instrumento N°6: Registro de las Concentración del plomo en tejidos vegetales	Concentración del plomo en raíces, tallo y hojas, análisis de suelo plomo análisis de CE y pH.
TERCER ANÁLISIS R3	Laboratorio UNALM	Análisis fisicoquímicos	-Instrumento N°4: Registro de las Características físico química durante el tratamiento -Instrumento N°6: Registro de las Concentración del plomo en tejidos vegetales	Concentración del plomo en raíces, tallo y hojas, análisis de suelo plomo análisis de CE y pH.
Interpretación de resultados	SPSS 24	Procedimientos para procesar datos Ecuación de eficiencias	Registro de resultados Instrumento N°5: Porcentaje de Reducción del plomo	Determinación de hipótesis Determinación de eficiencia

Fuente: Elaboración propia, 2017.

VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTOS

Para determinar la validez del instrumento se sometió al juicio de tres expertos los cuales hicieron algunas observaciones, siempre con el objetivo de mejorar cada instrumento. Los especialistas que intervinieron en ésta validación fueron:

Especialista 1:

Apellidos y Nombre: Rubén Munive Cerrón

Grado Académico: Ing. Agrónomo

N° de Colegiatura: 38103

Especialista 2:

Apellidos y Nombre: César Martin Llamoca Mayma

Grado Académico: Ing. Químico

N° de Colegiatura: 062730

Especialista 3:

Apellidos y Nombre: Blanca Isabel Rosado Cenas

Grado Académico: Bióloga

N° de Colegiatura: 12490

CONFIABILIDAD

La prueba de confiabilidad se realizó mediante el programa estadístico SPSS 24, donde se analizaron los resultados dados durante la experimentación, se tiene la siguiente relación:

Poca confiabilidad > 0,6 – 0,97 < Máxima confiabilidad

En la siguiente tabla se muestra el resultado del Alfa de Cronbach que es 0,781 interpretándose como un valor dentro del rango de buena confiabilidad.

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
,781	15

Fuente: SPSS 24, 2017.

Estadísticas de total de elemento				
	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
GERANIO				
CRECIMIENTO	6697,5033	2761355,066	,998	,784
pH	6696,0900	2773552,188	-,997	,785
CONCENTRACION FINAL	6578,8367	2855609,516	-,823	,794
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	4976,7267	1867896,101	,931	,702
RETENCION EN TEJIDOS	6484,6267	1913718,375	,972	,701
MALVA				
CRECIMIENTO	6696,7867	2764629,357	,923	,785
pH	6695,9100	2771682,254	,996	,785
CONCENTRACION FINAL	6579,9567	2808000,801	-,838	,789
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	4143,6533	1043063,765	,944	,760
RETENCION EN TEJIDOS	6586,4567	2276799,326	,961	,734
RYE GRASS				
CRECIMIENTO	6687,4200	2763454,537	,978	,784
pH	6695,8767	2771977,216	-,927	,785
CONCENTRACION FINAL	6602,8667	2906117,371	-,999	,799
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	5361,9867	2614893,445	,998	,769
RETENCION EN TEJIDOS	6366,4500	1891914,615	,942	,702

2.5. Métodos de análisis de datos

Debido a la escala de las variables de estudio (razón), se utilizó el análisis descriptivo para cada etapa; procediendo a analizar los datos a través de gráficos de líneas y de barras, los cuales permitieron visualizar la relación entre la reducción de los parámetros analizados, variabilidad de crecimiento y parámetros fisicoquímicos aplicando las especies de Rye Grass (*Lolium perenne*), Geranio (*Pelargonium hortorum*) y Malva (*Fuertesimalva echinata*).

Programa de Microsoft Excel:

Permitió tabular los datos obtenidos en las evaluaciones realizadas en campo, facilitando la obtención de resultados.

Software SPSS Statistics 24:

Se encargó de brindar cuadros y diagramas para realizar las apreciaciones correspondientes a la relación de las variables y se trabajó los valores obtenidos. Para ello se utilizaron los siguientes métodos:

PRUEBA DE NORMALIDAD

La prueba de normalidad se determina para saber si la variable dependiente sigue una distribución normal o no, así poder saber si realizar una distribución paramétrica o no. La normalidad de cada una de las variables se verificó mediante la prueba de Shapiro-Wilk

PRUEBA DE HIPÓTESIS

Se realizó la prueba de hipótesis, con la finalidad de comprobar si la aplicación de las especies fitorremediadoras logran reducir las concentración del plomo en el suelo agrícola del distrito de Huamantanga.

ANOVA de un factor: El estadístico de ANOVA ayudo a determinar las diferencias significativas entre las eficiencias fitorremediadoras, comparando con diversos grupos.

T de Student: Para la contrastación de hipótesis se aplicó el estadístico t de student; puesto que, la muestra es menor a 30 datos; comparando los promedios de las concentraciones del plomo antes y después de aplicar las especies.

2.6. Aspectos éticos

El presente proyecto de investigación es muy útil, elaborado en base a información obtenida en campo y diversas fuentes bibliográficas, se tomará en cuenta al autor y el año de publicación.

Así mismo, en cuanto al muestreo se realizará en base a guía de muestreo de suelos, en el Marco D.S N° 002-2013-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental para Suelo.

No habrá manipulación de los resultados, así mismo se respetará el derecho de autor. Finalmente, las fuentes y referencias a utilizar en este experimento serán consideradas en cada procedimiento, esta investigación será veras, y los resultados serán el reflejo de los datos obtenidos en la experimentación.

III. RESULTADOS

3.1. RESULTADOS DE LAS CONCENTRACIONES INICIALES DEL SUELO EXPERIMENTAL

Tabla N°11: Resultados Iniciales del suelo del distrito de Huamantanga

Determinación	Unidad	Valor	Interpretación
Arcilla	(%)	36	Franco arcilloso arenoso
Limo	(%)	14	
Arena	(%)	50	
pH	Unidades de pH	7,81	Ligeramente alcalino
Conductividad Eléctrica	(μ S/cm)	1 250	Alto
Capacidad de Intercambio Catiónico	meq/100g	24,32	Muy alto

Fuente: Laboratorio de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

Tabla N°12: Concentración de metales pesados iniciales del relave del suelo experimental de Huamantanga

Determinación	Unidad	Valor	ECA
Plomo	(mg/kg-1)	402,8	70
Cobre	(mg/kg-1)	3,15	
Cadmio	(mg/kg-1)	2,21	1,4

Fuente: Laboratorio de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

En la tabla N° 11 y 12 se muestra las características físico químicas del suelo agrícola proveniente del distrito de Huamantanga, se presenta un suelo Franco arcilloso arenoso, con un pH ligeramente alcalino con un alto contenido de sales y una capacidad de intercambio catiónico muy alta, con respecto a las concentraciones de metales pesados (plomo y cadmio) y micro elemento (cobre), se refleja que el plomo y cadmio superan el estándar de calidad ambiental para suelo.

3.2. RESULTADOS DE LAS CONCENTRACIONES DE PLOMO EN EL SUELO

3.2.1. SUELO CON TRATAMIENTO Rye Grass (*Lolium perenne*)

Tabla N°13: Concentración del Pb en el suelo post tratamiento fitorremediadora con Rye Grass

		ANTES DE LA FITORREMEDIACIÓN	DURANTE LA FITORREMEDIACIÓN		
REPETICIÓN		Concentración de Pb inicial (mg/kg)	Concentración de Pb (mg/kg)	pH	CE (μS/cm)
		Tratamiento a los 28 días (mg/kg)			
Rye Grass (<i>Lolium perenne</i>)	R1	402,80	138,57	7,80	1 300
		Tratamiento a los 49 días			
Rye Grass (<i>Lolium perenne</i>)	R2	402,80	104,57	7,80	1 331
		Tratamiento a los 70 días			
Rye Grass (<i>Lolium perenne</i>)	R3	402,80	59,06	7,73	1 394

Fuente: Laboratorio de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria la Molina

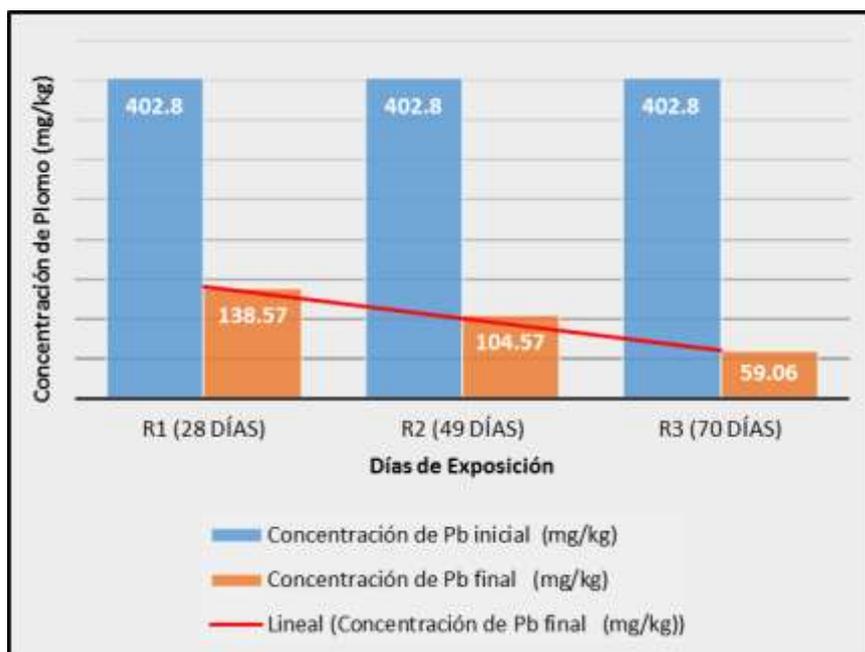


Figura N°10: Concentración del Pb en el suelo post tratamiento fitorremediadora con Rye Grass

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

La Tabla N° 13 presenta las concentraciones del plomo, pH y CE halladas en el suelo luego de haber sido expuesta por 28, 49 y 70 días al tratamiento de fitorremediación con las especies fitorremediadoras de Rye Grass (*Lolium perenne*), donde se puede evidenciar que la concentración del plomo a los 28 días es de 138,57 (mg/kg) el pH es de 7,80 y la conductividad eléctrica es de 1 300 ($\mu\text{S}/\text{cm}$), los análisis realizados a los 49 días es de 104,57 (mg/kg) el pH es de 7,80 y la conductividad eléctrica es de 1 331 ($\mu\text{S}/\text{cm}$), y el último análisis a los 70 días es de 59,06 (mg/kg) el pH es de 7,73 y la conductividad eléctrica es de 1 394 ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Con respecto al pH se puede evidenciar que hay una disminución de pH 7,73 a los 70 días de tratamiento con respecto al pH inicial que es 7,81, la conductividad eléctrica sufre un aumento con respecto a la CE eléctrica inicial de 1 250 ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

En la figura N° 10 se muestra la relación lineal de las tres repeticiones respecto a los días de exposición al tratamiento, siendo una relación de más días menos concentración en el suelo del plomo.

Las concentraciones del plomo halladas en la repetición N° 3 fue de 59,06 valor por debajo del estándar de calidad ambiental para el suelo de tipo agrícola a los 70 días de exposición al tratamiento, por lo tanto emplear esta técnica de acuerdo a estos resultados es viable a partir de los 72 días de exposición.

3.2.2. SUELO CON TRATAMIENTO Geranio (*Pelargonium hortorum*):

Tabla N° 14: Concentración del Pb en el suelo post tratamiento fitorremediadora con Geranio

REPETICIÓN		ANTES DE LA FITORREMEDIACIÓN	DURANTE LA FITORREMEDIACIÓN		
		Concentración de Pb inicial (mg/kg)	Concentración de Pb (mg/kg)	pH	CE (μS/cm)
			Tratamiento a los 28 días (mg/kg)		
Geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>)	R1	402,80	159,93	7,80	1 520,00
			Tratamiento a los 49 días		
Geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>)	R2	402,80	108,57	7,69	1 570,00
			Tratamiento a los 70 días		
Geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>)	R3	402,80	105,79	7,00	2 090,78

Fuente: Laboratorio de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

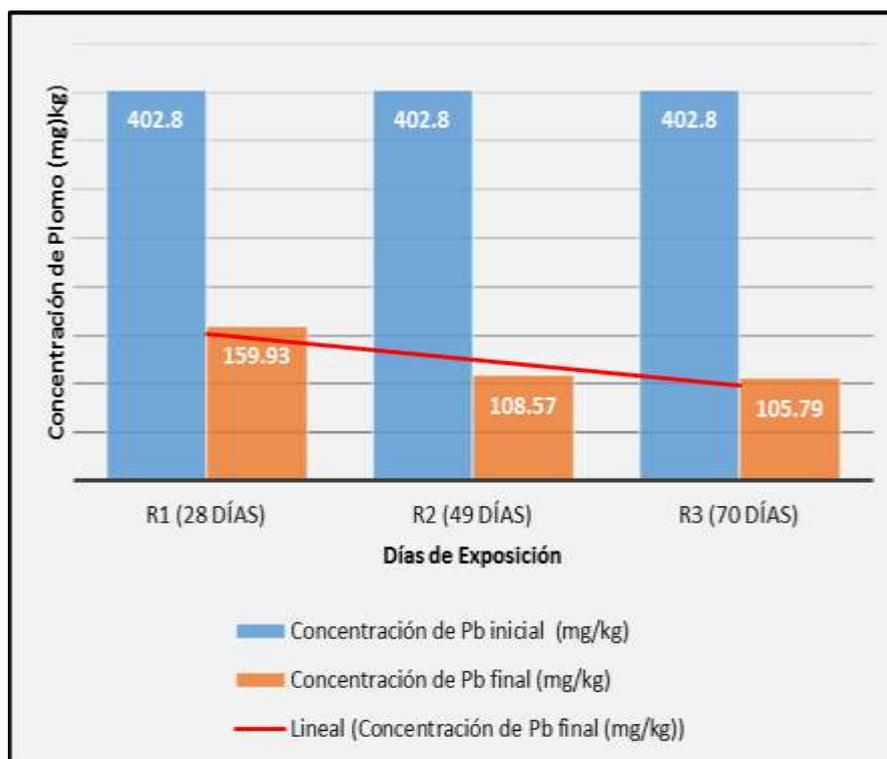


Figura N°11: Concentración del Pb en el suelo post tratamiento fitorremediadora con Geranio

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

La Tabla N° 14 presenta las concentraciones del plomo, pH y CE halladas en el suelo luego de sido expuesta por 28, 49 y 70 días al tratamiento de fitorremediación con las especies fitorremediadoras de Geranio (*Pelargonium hortorum*) donde se puede apreciar las concentraciones del plomo a los 28 días es de 159,93 (mg/kg) el pH es de 7,80 y la conductividad eléctrica es de 1 520 ($\mu\text{S}/\text{cm}$), los análisis realizados a los 49 días es de 108,57 (mg/kg) el pH es de 7,69 y la conductividad eléctrica es de 1 570 ($\mu\text{S}/\text{cm}$), y el último análisis a los 70 días es de 105,79 (mg/kg) el pH es de 7,00 y la conductividad eléctrica es de 2 090,78 ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Con respecto al pH se puede evidenciar que hay una disminución de pH 7,00 a los 70 días de tratamiento con respecto al pH inicial que es 7,81, la conductividad eléctrica sufre un aumento considerable de 2 090,78 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) con respecto a la CE eléctrica inicial de 1 250 ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

En la figura N° 11 se muestra la relación lineal de las tres repeticiones respecto a los días de exposición al tratamiento, donde la relación entre el análisis de concentraciones del plomo en el suelo respecto a los 49 y 70 días de análisis no se aprecia mucha diferencia de disminución de concentraciones.

Las concentraciones del plomo halladas en la repetición N° 3 fue de 105,79 mg/kg valor por encima del estándar de calidad ambiental para el suelo de tipo agrícola a los 70 días de exposición al tratamiento.

3.2.3. SUELO CON TRATAMIENTO Malva (*Fuertesimalva echinata*).

Tabla N° 15: Concentración del Pb en el suelo post tratamiento fitorremediadora con Malva

REPETICIÓN		ANTES DE LA FITORREMEDIACIÓN	DURANTE LA FITORREMEDIACIÓN		
		Concentración de Pb inicial (mg/kg)	Concentración de Pb (mg/kg)	pH	CE (µS/cm)
			Tratamiento a los 28 días (mg/kg)		
Malva (<i>Fuertesimalva echinata</i>)	R1	402,80	152,22	7,7	1 870
			Tratamiento a los 49 días		
Malva (<i>Fuertesimalva echinata</i>)	R2	402,80	117,32	7,73	2 610
			Tratamiento a los 70 días		
Malva (<i>Fuertesimalva echinata</i>)	R3	402,80	115,20	7,80	3 200

Fuente: Laboratorio de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

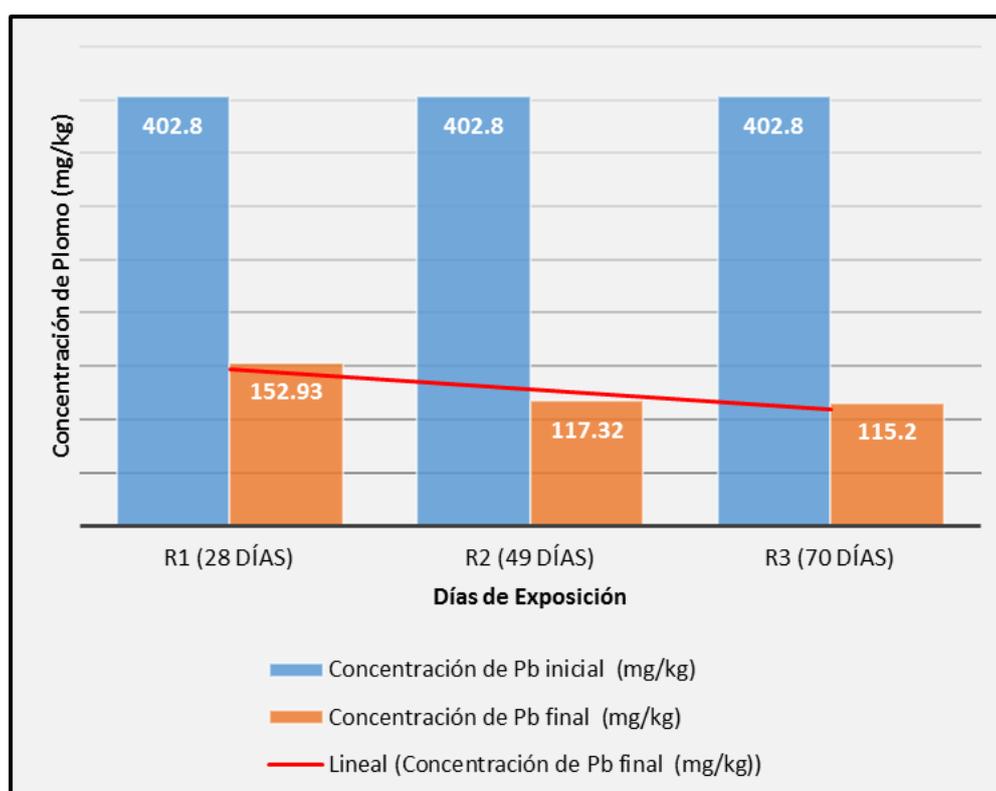


Figura N°12: Concentración del Pb en el Suelo post Tratamiento Fitorremediadora con Malva

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

La Tabla N° 15 presenta las concentraciones del plomo, pH y CE halladas en el suelo luego de haber sido expuesta por 28, 49 y 70 días al tratamiento de fitorremediación con las especies fitorremediadoras de Malva (*Fuertesimalva echinata*), donde se puede apreciar las concentraciones del plomo a los 28 días es de 152,22 (mg/kg) el pH es de 7,7 y la conductividad eléctrica es de 1 870 (µS/cm), los análisis realizados a los 49 días es de 117,32 (mg/kg) el pH es de 7,3 y la conductividad eléctrica es de 2 610 (µS/cm), y el último análisis a los 70 días es de 115,20 (mg/kg) el pH es de 7,80 y la conductividad eléctrica es de 3 200 (µS/cm).

Con respecto al pH se puede evidenciar que hay una disminución de pH 7,3 a los 70 días de tratamiento con respecto al pH inicial que es 7,81, la conductividad eléctrica sufre un aumento considerable de 3 200 (µS/cm) con respecto a la CE eléctrica inicial de 1 250 (µS/cm).

En la figura N° 12 se muestra la relación lineal de las tres repeticiones respecto a los días de exposición al tratamiento, donde la relación entre el análisis de concentraciones del plomo en el suelo respecto a los 49 y 70 días de análisis no se aprecia mucha diferencia de disminución de concentraciones.

Las concentraciones del plomo halladas en la repetición N° 3 fue de 115,2 mg/kg valor por encima del estándar de calidad ambiental para el suelo de tipo agrícola a los 70 días de exposición al tratamiento.

3.3. RESULTADOS DEL PORCENTAJE DE EFICIENCIA EN LA REDUCCIÓN DEL PLOMO

La determinación del porcentaje de reducción de las concentraciones del plomo en el suelo con las diferentes especies se utilizó la siguiente fórmula:

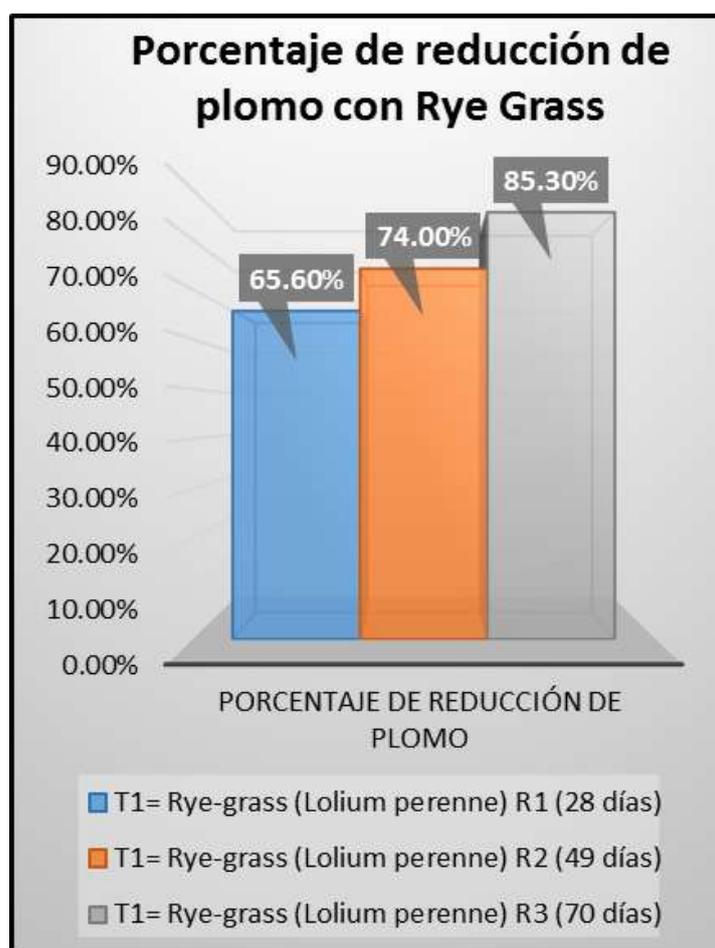
Fórmula:

$$\text{Porcentaje de reducción de plomo} = \frac{\text{Concentración inicial} - \text{Concentración final}}{\text{Concentración inicial}} \times 100$$

Tabla N° 16: Porcentaje de Reducción del Plomo en el Suelo

Tratamientos		PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DEL PLOMO (%)
T1= Rye-grass (<i>Lolium perenne</i>)	R1 (28 días)	65,6 %
	R2 (49 días)	74,0 %
	R3 (70 días)	85,3 %
Promedio		75
T2= Geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>)	R1 (28 días)	60,3 %
	R2 (49 días)	73,0 %
	R3 (70 días)	74,0 %
Promedio		69
T3= Malva (<i>Fuertesimalva echinata</i>)	R1 (28 días)	62,0 %
	R2 (49 días)	70,8 %
	R3 (70 días)	71,4 %
Promedio		68

Fuente: Elaboración Propia, 2017.



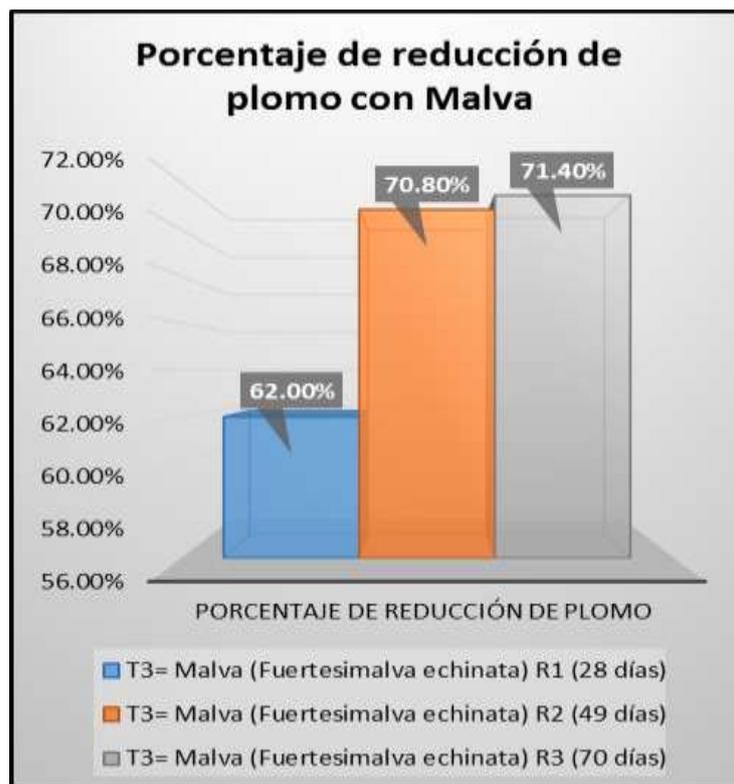
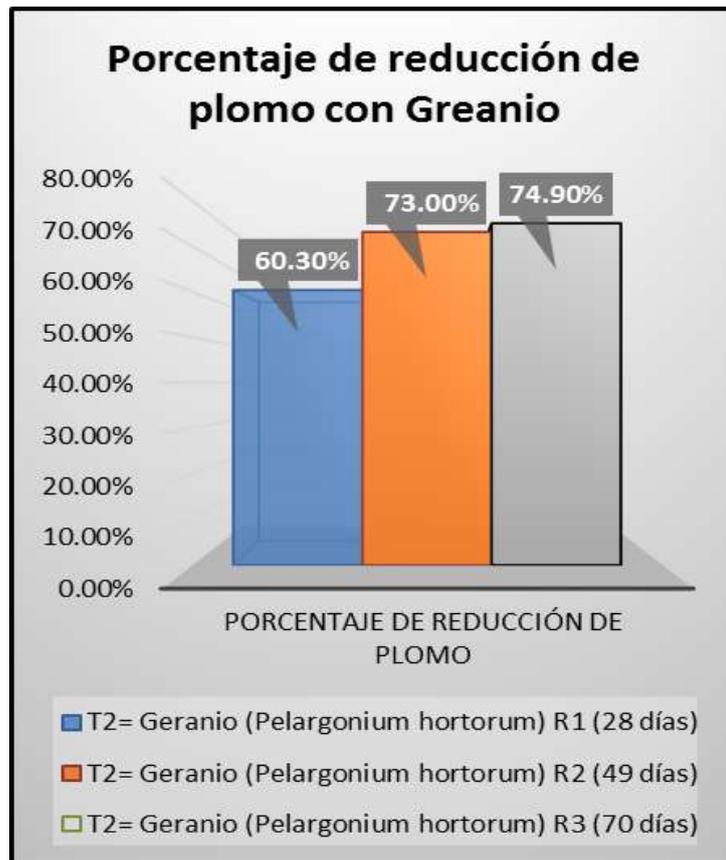


Figura N°13: Porcentaje de Reducción del Plomo por Repetición de Especies

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

La Tabla N° 16 presenta el porcentaje de reducción de las concentraciones del plomo halladas en el suelo luego de haber sido expuesta al tratamiento de fitorremediación en tres tiempos 28, 49 y 70 días de las especies Rye Grass (*Lolium perenne*), Geranio (*Pelargonium hortorum*) y Malva (*Fuertesimalva echinata*) se procedió a realizar la fórmula de eficiencia con respecto a las concentraciones iniciales y finales del plomo en el suelo, respecto a las eficiencias por especie y repetición se tiene que el R3 del Rye Grass a los 70 días presenta el 85,3% de eficiencia siendo mayor que todas las especies y repeticiones, cabe recalcar que las eficiencias de las especies están por encima del 60 % de eficiencia, lo que representa una gran cantidad de disminución del plomo respecto a las concentraciones iniciales.

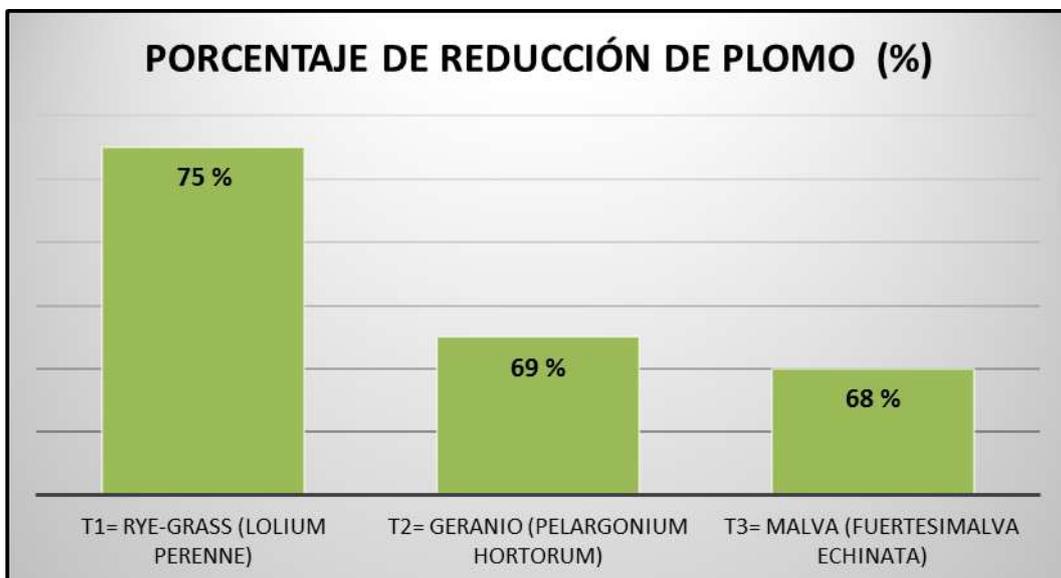


Figura N°14: Porcentaje de Reducción del Plomo por Especie
Fuente: Elaboración Propia, 2017.

En la figura N° 14 se aprecia las comparaciones de porcentaje de reducción del plomo en el suelo se tiene que el Rye grass presenta 75 % siendo el tratamiento con mayor porcentaje de reducción.

3.4. RESULTADOS DE LAS CONCENTRACIONES DEL PLOMO EN LOS TEJIDOS VEGETALES

Tabla N° 17: Concentración del Pb en los tejidos post tratamiento fitorremediadora del Rye Grass

Tratamientos		ACUMULACIÓN	
		CONCENTRACIÓN DEI PLOMO (ppm)	
		Hojas	Raíz
T1= Rye grass (<i>Lolium perenne</i>)	R1 28 días	1,86	9,64
	R2 49 días	36,73	350,12
	R3 70 días	39,02	574,26

Fuente: Laboratorio de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

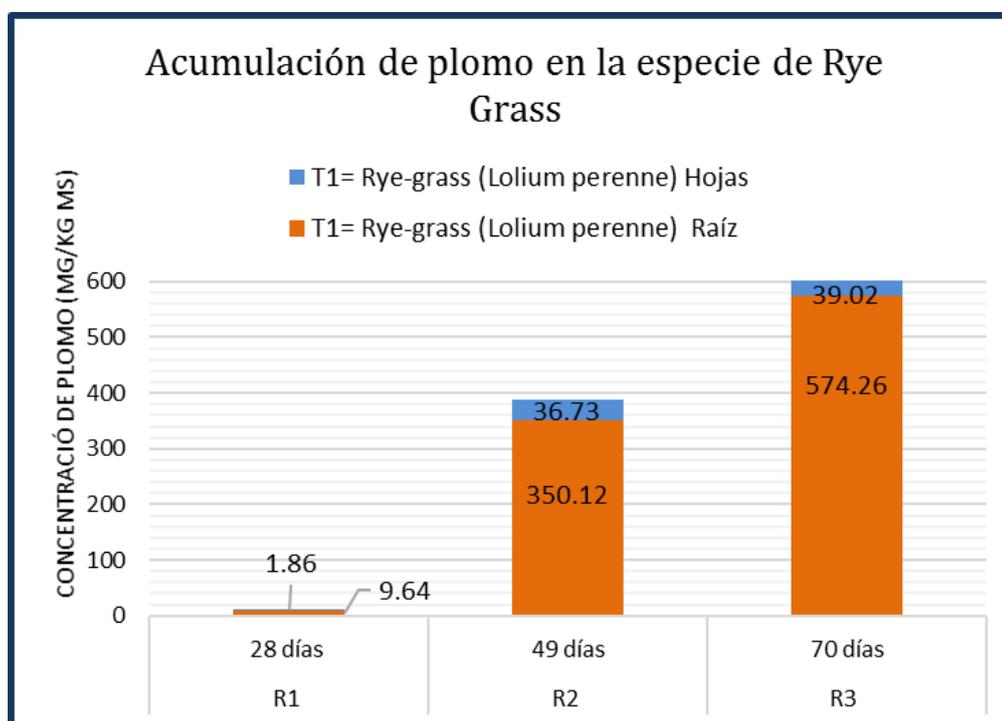


Figura N°15: Acumulación del Plomo en Rye Grass

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

En la figura N° 15, se aprecia la acumulación del plomo en Rye grass, donde se analizó las concentraciones en las raíces y hojas, encontrándose una gran acumulación del plomo en las raíces considerándose una especie fitoestabilizadora.

Tabla N° 18: Concentración del Pb en los tejidos post tratamiento fitorremediadora del Geranio

Tratamientos		ACUMULACIÓN	
		CONCENTRACIÓN DEL PLOMO (ppm)	
		Tallo	Raíz
T2= Geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>)	R1 28 días	-	1,49
	R2 49 días	65,79	73,30
	R3 70 días	472,50	125,00

*No detectable: (-)

Fuente: Laboratorio de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

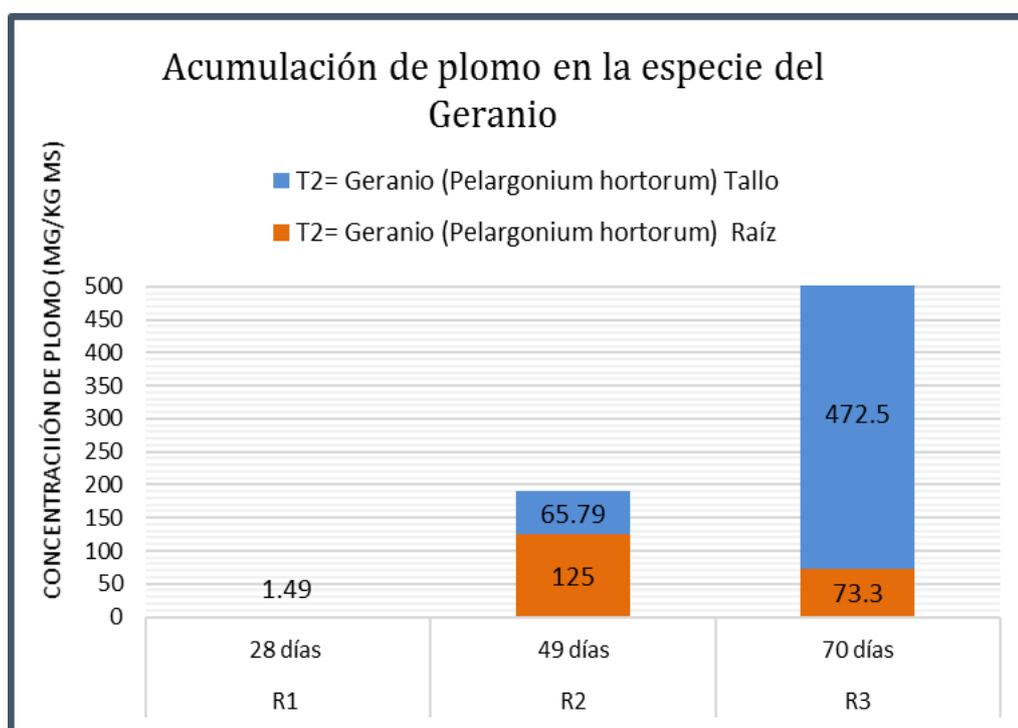


Figura N°16: Acumulación del Plomo en Geranio

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

En la figura N° 16, se aprecia la acumulación del plomo en el Geranio se analizó en las raíces y tallos, encontrándose una gran acumulación del plomo en los tallos respecto a las raíces donde se encontraron cantidades pequeñas del plomo, considerándose una especie fitoextractora.

Tabla N° 19: Concentración del Pb en los tejidos post tratamiento fitorremediadora de la Malva

Tratamientos		ACUMULACIÓN
		CONCENTRACIÓN DEL PLOMO (ppm)
		Raíz
T3= Malva (<i>Fuertesimalva echinata</i>)	R1 28 días	3,70
	R2 49 días	45,47
	R3 70 días	302,42

Fuente: Laboratorio de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

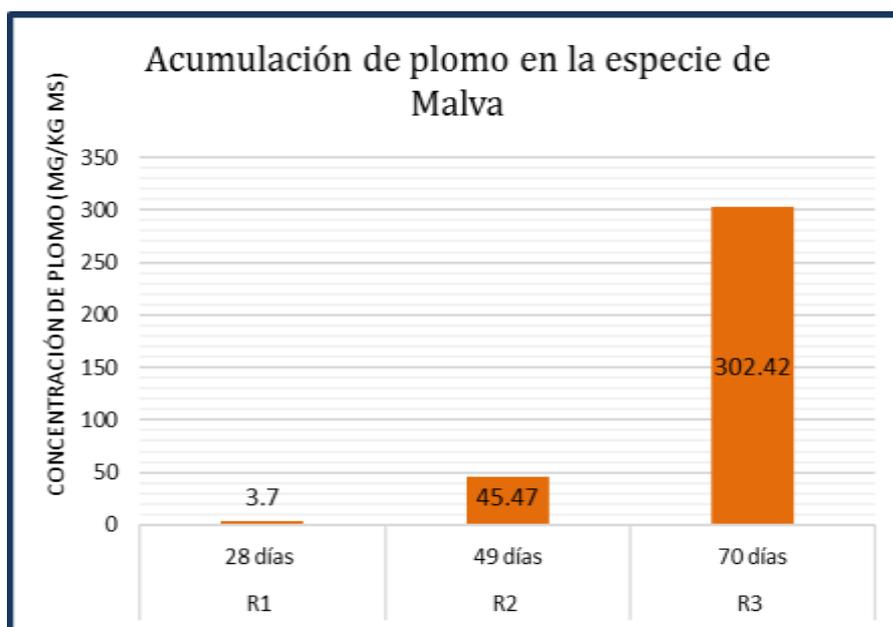


Figura N°17: Acumulación del Plomo la Malva

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

En la figura N° 17, se aprecia la acumulación La acumulación del plomo en la Malva se analizó en las raíces, llegando a acumular gran cantidad del plomo en las raíces a los 70 días, encontrándose una relación con los días de tratamiento, se considera una especie fitoestabilizadora.

Las concentraciones del plomo en los tejidos vegetales luego de haber sido expuesta al tratamiento de fitorremediación de la especies Rye Grass (*Lolium perenne*), Geranio (*Pelargonium hortorum*) y Malva (*Fuertesimalva echinata*), dándose las mayores concentraciones de plomo retenidas y/o

absorbidas en la repetición N° 3, el Rye grass llegó a retener y/o absorber 613,28 ppm del plomo en sus tejidos, siendo la especie con más acumulación de plomo a los 70 días de exposición.

3.5. VARIACIÓN DEL CRECIMIENTO DE LAS ESPECIES

En la tabla N° 20 se presentan los resultados de la caracterización del suelo usado como testigo para determinar las variaciones del crecimiento de las especies.

Tabla N° 20: Resultados Iniciales del suelo control del distrito de Huamantanga

Determinación	Unidad	Valor	Interpretación
Arcilla	(%)	14	Franco arenoso
Limo	(%)	29	
Arena	(%)	57	
Plomo	(mg kg ⁻¹)	77,24	Supera el ECA suelo

Fuente: Laboratorio de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

3.5.1. VARIACIÓN EN EL CRECIMIENTO DE LA ESPECIE *Lolium perenne* (Rye grass)

Para la medir la variación del crecimiento de las especies empleadas en los tratamientos de fitorremediación se realizó un tratamiento control en la que se expuso la especie *Lolium perenne* a suelo sin presencia del plomo para ser referencia del crecimiento, el suelo control (tierra preparada) fue adquirido en una tienda por departamento donde se analizó las concentraciones del plomo para asegurar que esté libre del plomo, encontrándose que presentaba 77,24 ppm del plomo, superando el ECA en cantidades pequeñas, respecto al suelo proveniente de Huamantanga se procedió a utilizarlo como suelo control, de acuerdo a ello se llevó un monitoreo del tamaño de cada especie cada siete días; cabe recalcar que los análisis del plomo fueron realizadas a los 28, 49 y 70 días, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla N°21: Crecimiento de la especie *Lolium perenne*

Repeticiones	DIAS									
	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
R1	4,58	8,75	11,18	13,55						
R2	4,63	8,83	11,43	13,66	14,63	15,60	16,45			
R3	4,83	9,03	11,75	13,63	14,50	15,43	16,48	17,38	18,08	18,70
PROMEDIO	4,68	8,87	11,45	13,61	14,56	15,51	16,46	17,38	18,08	18,70
CONTROL	2,40	3,40	8,0	10,53	12,33	13,23	13,50	14,3	14,8	15,20

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

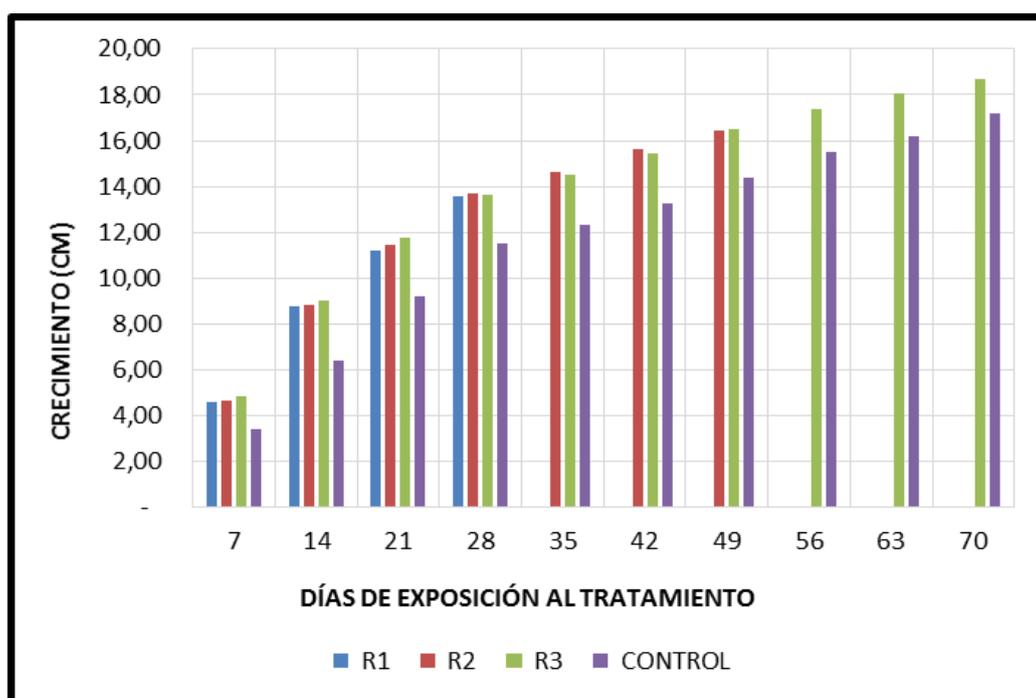


Figura N°18: Comparación del crecimiento de la especie Rye Grass experimental repeticiones (R1, R2 y R3) Vs tratamiento control de crecimiento

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

De acuerdo a las figura N° 18 se puede apreciar que las repeticiones R1, R2 y R3 suelo expuesto a gran cantidad del plomo respecto al suelo control tuvieron un mejor crecimiento

Tabla N°22: Promedio del crecimiento de la especie *Lolium perenne*

DÍA	CRECIMIENTO DEL RYE-GRASS									
	DIA 7	DIA 14	DIA 21	DIA 28	DIA 35	DIA 42	DIA 49	DIA 56	DIA 63	DIA 70
Promedio de crecimiento del Rye-Grass en tratamiento experimental (cm)	4,7	8,8	11,5	13,6	14,6	15,5	16,5	17,4	18,1	18,7
Promedio de crecimiento del Rye-Grass en tratamiento control (cm)	2,40	3,40	8,0	10,53	12,33	13,23	13,50	14,3	14,8	15,20

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

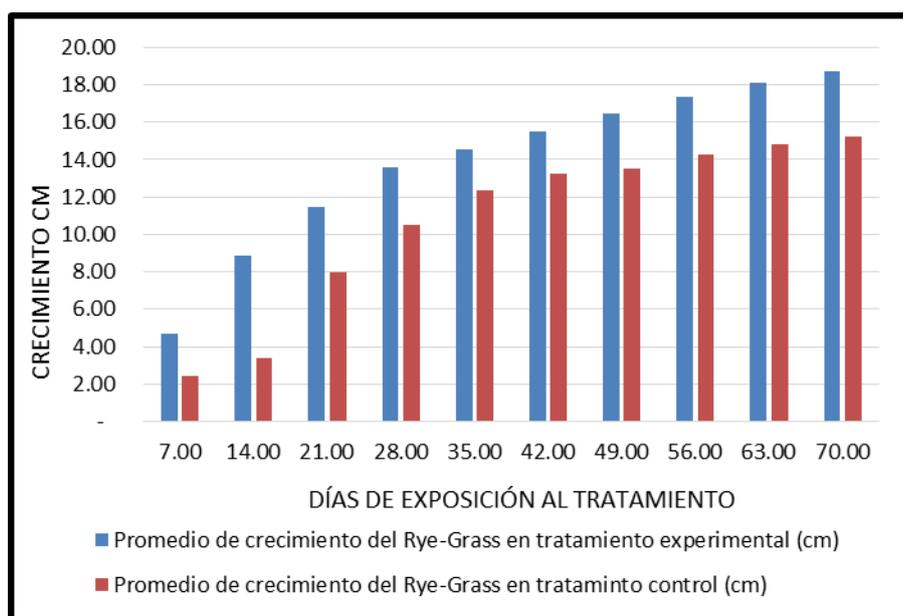


Figura N°19: Comparación del crecimiento promedio de la especie *Lolium Perenne* experimental Vs tratamiento control de crecimiento

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

El crecimiento promedio del Rye Grass en el tratamiento es mayor al crecimiento del Rye Grass en el tratamiento control. Desde el inicio del experimento se observa que el promedio del crecimiento del Rye Grass como tratamiento experimental presenta 2,3 cm más que el promedio del crecimiento del Rye Grass como tratamiento control, sin embargo la diferencia se incrementó a 5 cm en los 70 días del experimento, lo que indica un retardo en la velocidad de crecimiento del Rye Grass en el tratamiento control pese a que el sustrato usado como control es sustrato cuyas cualidades promueven un mayor crecimiento de raíces e impulsa un

crecimiento rápido y vigoroso, esto quiere decir que las características del suelo experimental presentan mejores condiciones para el crecimiento óptimo del Rye Grass como tratamiento experimental pese a tener presencia del plomo, esto quiere decir que el Rye – Grass usado como planta fitoestabilizadora no varía su crecimiento según la cantidad del plomo presente en el suelo.

3.5.2. VARIACIÓN EN EL CRECIMIENTO DE LA ESPECIE *Pelargonium hortorum* (Geranio)

Para la medir la variación del crecimiento de las especies empleadas en los tratamientos de fitorremediación se realizó un tratamiento control en la que se expuso la especie *Pelargonium hortorum* (Geranio) a suelo sin presencia del plomo para ser referencia del crecimiento, de acuerdo a ello se llevó un monitoreo del tamaño de la planta cada siete días; obteniéndose los siguientes resultados.

Tabla N°23: Crecimiento de la especie *Pelargonium hortorum*

	DIAS									
	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
R1	1,85	2,35	2,85	3,35						
R2	1,70	2,15	2,55	3,25	4,65	5,25	5,85			
R3	1,63	2,15	2,55	3,05	4,35	5,05	5,63	6,15	6,80	7,45
CONTROL	1,60	2,05	2,45	2,95	3,65	4,08	4,65	5,25	6,15	7,05

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

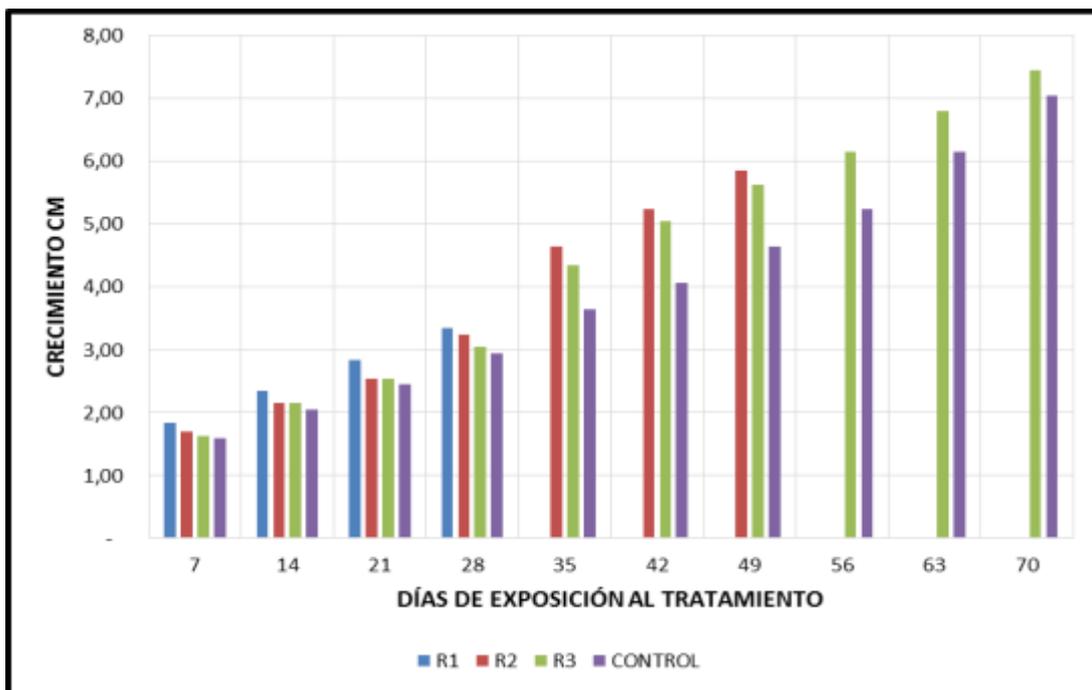


Figura N° 20: Comparación del crecimiento de la especie *Pelargonium hortorum* experimental repeticiones (R1, R2 y R3) Vs tratamiento control de crecimiento
Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Tabla N°24: Promedio del crecimiento de la especie *Plargonium hortorum*

DÍA	CRECIMIENTO DEL GERANIO									
	DIA 7	DIA 14	DIA 21	DIA 28	DIA 35	DIA 42	DIA 49	DIA 56	DIA 63	DIA 70
Promedio de crecimiento del Geranio en tratamiento experimental (cm)	1,73	2,22	2,65	3,22	4,50	5,15	5,74	6,15	6,80	7,45
Promedio de crecimiento del Geranio en tratamiento control (cm)	1,60	2,05	2,45	2,95	3,65	4,08	4,65	5,25	6,15	7,05

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

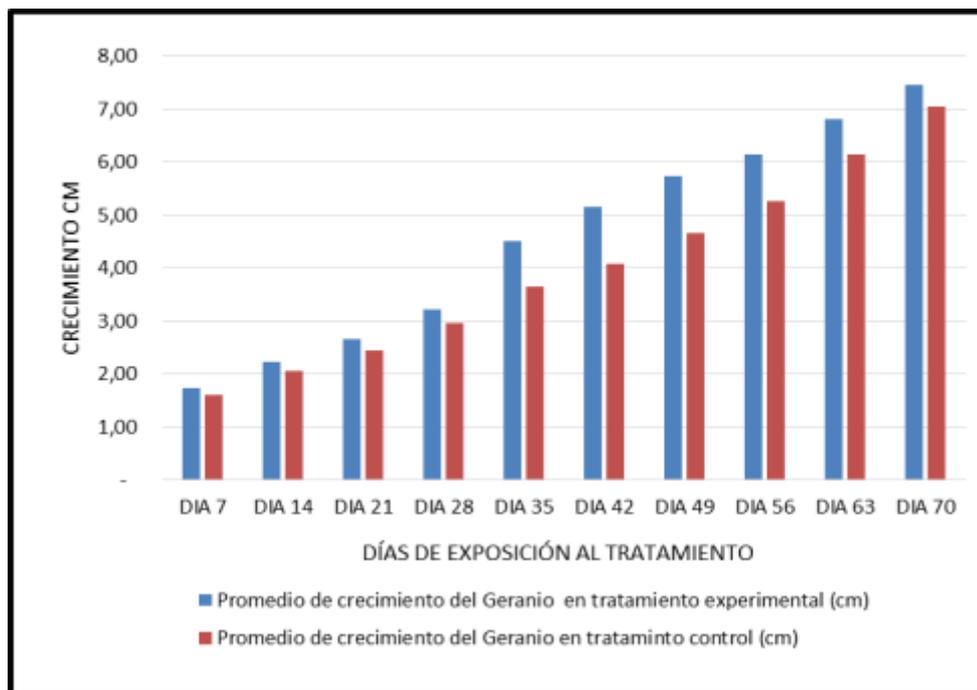


Figura N°21: Comparación del crecimiento promedio de la especie *Pelargonium hortorum* experimental Vs tratamiento control de crecimiento

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

El crecimiento promedio del Geranio en el tratamiento es mayor al crecimiento del Geranio en el tratamiento control. Desde el inicio del experimento se observa que el promedio del crecimiento del Geranio como tratamiento experimental presenta 0,13 cm más que el promedio del crecimiento del Geranio como tratamiento control, incrementándose en el día 35 al 63 el tratamiento experimental. Lo que indica un ligero retardo en la velocidad de crecimiento del Geranio en el tratamiento control, esto quiere decir que el Geranio usado como planta fitoextractora no varía su crecimiento según la cantidad del plomo presente en el suelo.

3.5.3. VARIACIÓN EN EL CRECIMIENTO DE LA ESPECIE *Fuertesimalva echinata* (Malva)

Para la medir la variación del crecimiento de las especies empleadas en los tratamientos de fitorremediación se realizó un tratamiento control en la que se expuso la especie *Fuertesimalva echinata* (Malva) a suelo sin presencia del plomo para ser referencia del crecimiento, de acuerdo a ello se llevó un

monitoreo del tamaño de la planta cada siete días; obteniéndose los siguientes resultados.

Tabla N°25: Crecimiento de la especie *Fuertesimalva echinata*

	DIAS									
	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
R1	2,43	3,38	3,85	4,25						
R2	2,75	3,45	4,03	4,55	5,35	6,15	7,55			
R3	2,55	3,23	3,65	4,15	5,15	5,95	6,85	7,35	8,05	8,80
PROMEDIO	2,58	3,35	3,84	4,32	5,25	6,05	7,20	7,35	8,05	8,80
CONTROL	2,25	3,03	3,50	4,00	4,48	5,50	6,00	6,30	6,70	7,30

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

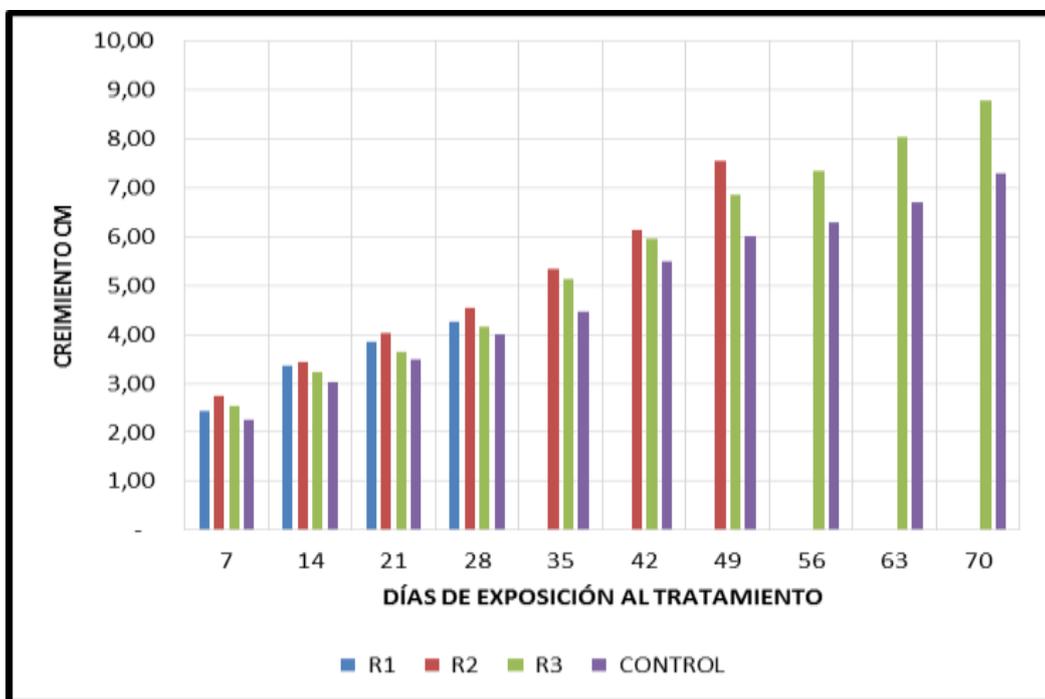


Figura N°22: Comparación del crecimiento de la especie *Fuertesimalva echinata* experimental repeticiones (R1, R2 y R3) Vs tratamiento control de crecimiento
Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Tabla N°26: Promedio del crecimiento de la especie *Fuertesimalva echinata*

DÍA	CRECIMIENTO DE LA MALVA									
	DIA 7	DIA 14	DIA 21	DIA 28	DIA 35	DIA 42	DIA 49	DIA 56	DIA 63	DIA 70
Promedio de crecimiento de la Malva en tratamiento experimental (cm)	2,58	3,35	3,84	4,32	5,25	6,05	7,20	7,35	8,05	8,80
Promedio de crecimiento de la Malva en tratamiento control (cm)	2,25	3,03	3,50	4,00	4,48	5,50	6,00	6,30	6,70	7,30

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

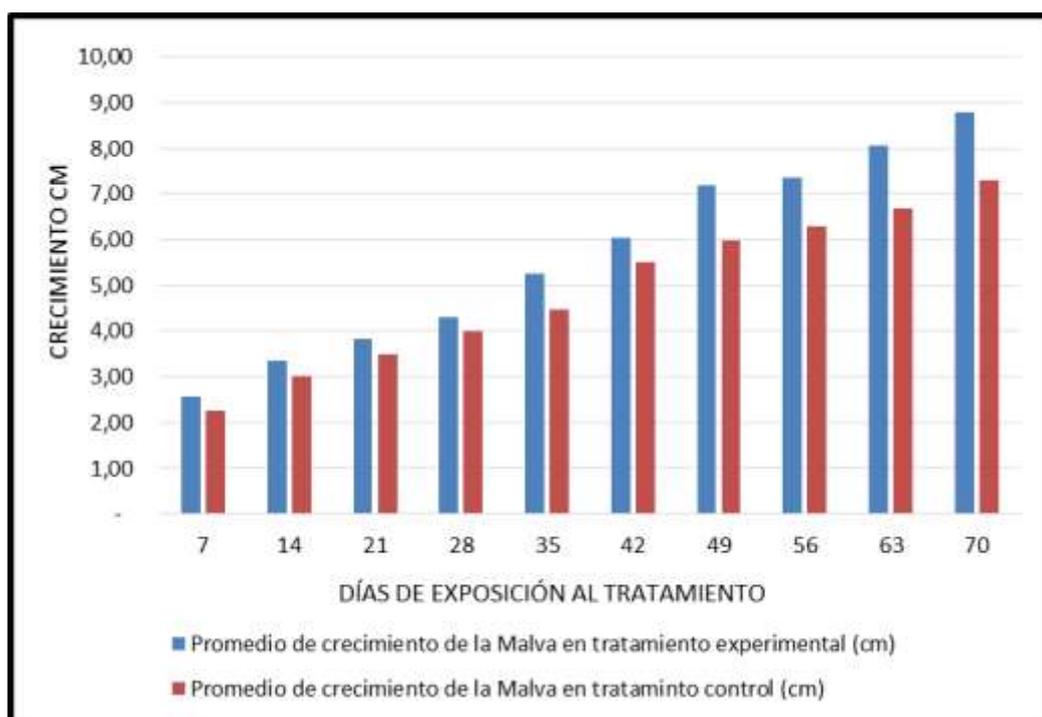


Figura N°23: Comparación del crecimiento promedio de la especie *Fuertesimalva echinata* experimental Vs tratamiento control de crecimiento

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

El crecimiento promedio de la Malva en el tratamiento es mayor al crecimiento del Geranio en el tratamiento control. Desde el inicio del experimento se observa que el promedio del crecimiento de la Malva como tratamiento experimental presenta 0,13 cm más que el promedio del crecimiento de la Malva como tratamiento control, sin embargo la diferencia se incrementó a 1,40 cm en el día 49 del experimento, lo que indica un retardo en la velocidad de crecimiento de la Malva en el tratamiento control pese a que el sustrato usado como control es sustrato cuyas cualidades

promueven un mayor crecimiento de raíces e impulsa un crecimiento rápido y vigoroso, esto quiere decir que las características del suelo experimental presentan mejores condiciones para el crecimiento óptimo de la Malva como tratamiento experimental pese a tener presencia del plomo, esto quiere decir que la Malva usado como planta fitoestabilizadora no varía su crecimiento según la cantidad del plomo presente en el suelo.

3.6. RESULTADOS ESTADÍSTICOS:

3.6.1. CONCENTRACIÓN FINAL DEL PLOMO

a) Prueba de Normalidad

La normalidad de errores para los datos de concentración de final del plomo durante todo el periodo de exposición de las especies, se aplicó la prueba de Shapiro Wilk con un nivel de confianza del 95 %, ya que la cantidad de muestras es inferior a 50.

Hipótesis:

H0: La eficiencia presenta una distribución normal

Hi: La eficiencia presenta una distribución no normal

Estadística y región crítica de la prueba

Si p-value : Sig. \leq 0.05 \longrightarrow Rechaza la H₀

Si p-value : Sig. \geq 0.05 \longrightarrow No rechazar la H₀

Tabla N° 27. Pruebas de normalidad. Concentración final del plomo

Pruebas de normalidad						
EFICIENCIA FITORREMEDIADORA	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CONCENTRACION FINAL DEL PLOMO CON GERANIO	,368	3	.	,790	3	,091
CONCENTRACION FINAL DEL PLOMO CON MALVA	,368	3	.	,791	3	,093
CONCENTRACION FINAL DEL PLOMO CON RYE GRASS	,206	3	.	,993	3	,838

a. Corrección de significación de Lilliefors

p-value Geranio: 0,091

p-value Malva: 0,093

p-value Rye Grass: 0,838

Criterio de Decisión

Los valores de significancia son mayores a 5%, por lo tanto se acepta la hipótesis nula, concluyendo que las eficiencias tienen una distribución normal, para contrastar las hipótesis, se deberá emplear el estadístico paramétricas: t de student, ya que permitirá analizar datos de tiempos distintos como un antes y un después.

Hipótesis General:

H₀: La concentración final del plomo post tratamientos de fitorremediación con las especies Rye grass (*Lolium perenne*), Geranio (*Pelargonium hortorum*) y Malva (*Fuertesimalva echinata*) es igual a la concentración inicial del plomo del suelo agrícola del distrito de Huamantanga.

$$\mathbf{H_0: \mu_{CF} = \mu_{CI}}$$

H₁: Al menos una de las concentraciones finales del plomo post tratamientos de fitorremediación con las especies Rye grass (*Lolium perenne*), Geranio (*Pelargonium hortorum*) y Malva (*Fuertesimalva echinata*) es menor a la concentración inicial del plomo del suelo agrícola del distrito de Huamantanga.

$$\mathbf{H_1: \mu_{CF} < \mu_{CI}}$$

b) Prueba de T student

Estadístico de contraste:

La concentración inicial del plomo en el suelo agrícola proveniente del distrito de Huamantanga es de 402,8 ppm, el análisis estadístico se realizó mediante la prueba de T student para muestras relacionadas, ya que fueron realizadas en diferentes tiempos antes y después de aplicar las especies fitorremediadoras, ya que la cantidad de datos es menor a 30 y los datos tienen una distribución normal.

Tabla N° 28: Concentración final del plomo frente a la concentración inicial del plomo

Concentración inicial del Plomo (ppm)	Concentración final del Plomo (ppm)
402,8	138,57
402,8	104,57
402,8	59,06
402,8	159,93
402,8	108,57
402,8	105,79
402,8	152,22
402,8	117,32
402,8	115,20

Tabla N° 29: Prueba de muestras relacionadas T student

CONCENTRACIÓN DEL PLOMO	Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior				Superior
CONCENTRACIÓN INICIAL – CONCENTRACIÓN FINAL	284,88556	30,10978	10,03659	261,74113	308,02998	28,385	8	,000

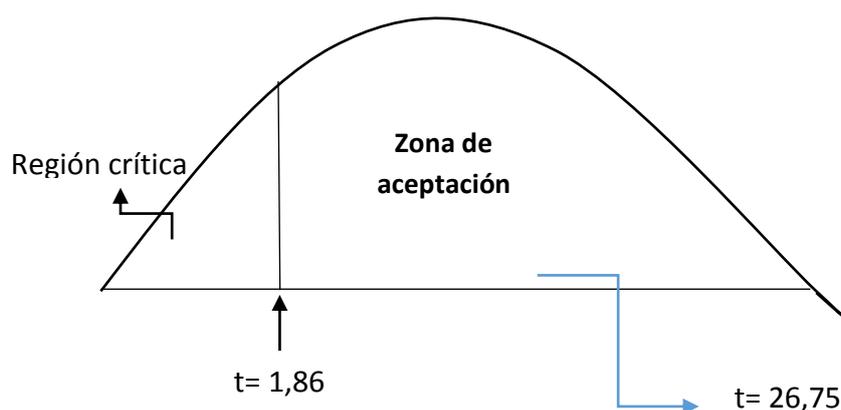
Tabla N° 30: Estadísticos para una muestra

	Estadísticas de muestra única			
	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
CONCENTRACIÓN FINAL DEL PLOMO	9	284,8856	30,10978	10,03659

$$z = \frac{X - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n-1}}}$$

$$t = \frac{284,8856 - 0,05}{\frac{30,10978}{\sqrt{9-1}}} = 26,75$$

De acuerdo a la distribución de T (n-1 y 0,05) nos da un valor crítico de 1,86



Criterio de decisión:

Si el valor p (σ) es menor de 0,05 acepto la hipótesis alterna.

Interpretación p (σ):

Para la concentración final del plomo, se obtiene: P-Valor = 0.000 es menor que 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula; por lo tanto, con un nivel de significación del 5%, se concluye que al menos una de las concentraciones finales del plomo post tratamientos de fitorremediación con las especies Rye grass (*Lolium perenne*), Geranio (*Pelargonium hortorum*) y Malva (*Fuertesimalva echinata*) es menor a la concentración inicial del plomo del suelo agrícola del distrito de Huamantanga, concluyendo que las concentraciones del plomo disminuyeron después de aplicarlas especies de Rye Grass, Malva y Geranio.

3.6.2. VARIACIÓN DEL CRECIMIENTO DEL RYE GRASS

a) Prueba de Normalidad

La normalidad de errores para los datos de crecimiento del Rye Grass respecto la concentración del plomo durante todo el periodo de exposición de las especies, se aplicó la prueba de Shapiro Wilk con un nivel de confianza del 95 %, ya que la cantidad de muestras es inferior a 50.

Hipótesis:

H₀: El crecimiento presenta una distribución normal

H_i: El crecimiento presenta una distribución no normal

Estadística y región crítica de la prueba

Si p-value : Sig. \leq 0.05 \longrightarrow Rechaza la H_0

Si p-value : Sig. \geq 0.05 \longrightarrow No rechazar la H_0

Tabla N° 31: Pruebas de normalidad. Crecimiento del Rye Grass

Pruebas de normalidad						
ANÁLISIS DURANTE LA FITORREMEDIACIÓN CON RYE-GRASS	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PROMEDIO DE CRECIMIENTO DE TRATAMIENTO DEL RYE GRASS	,173	10	,200*	,913	10	,305
PROMEDIO DE CRECIMIENTO CONTROL DEL RYE GRASS	,164	10	,200*	,926	10	,410

a. Corrección de significación de Lilliefors

p-value Crecimiento en suelo con plomo: 0,305

p-value Crecimiento en suelo control: 0,410

Decisión

Los valores de significancia son mayores a 5%, por lo tanto se acepta la hipótesis nula, concluyendo que las eficiencias tienen una distribución normal.

b) Homogeneidad de varianzas

La homogeneidad de varianzas para los datos del crecimiento del Rye Grass en suelo expuesto a plomo y suelo control en todo el periodo de exposición, se aplicó mediante la Prueba de Levene.

Hipótesis:

H₀: Las varianzas son homogéneas.

H_i: Al menos una varianza es diferente de los demás

Estadística y región crítica de la prueba

Si p-value : Sig. \leq 0.05 \longrightarrow Rechaza la H_0

Si p-value : Sig. \geq 0.05 \longrightarrow No rechazar la H_0

Tabla N° 32: Prueba de homogeneidad de varianzas. Crecimiento del Rye Grass

Prueba de homogeneidad de varianzas.			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
,105	1	18	,750

p-value: 0.750

Decisión

El contraste con el estadístico de Levene, el valor como resultado de significancia fue de 0,750 siendo mayor que 0,05, lo que representa que se cumple el supuesto de homogeneidad, por lo tanto se acepta la hipótesis nula, con un nivel de significancia del 5%.

c) Análisis de varianza ANOVA

Estadístico de contraste:

La prueba de hipótesis para las comparaciones de las variaciones de crecimiento de Rye Grass expuesta a suelo con plomo y suelo sin plomo se aplicó pruebas para determinar la variación se logró aplicando la prueba de hipótesis del análisis de la varianza de un factor.

Hipótesis Específica 2:

H₀: El desarrollo fenológico de la especie Rye grass (*Lolium perenne*), no varía según la concentración del plomo presente en el suelo.

$$H_0: \mu_{Rcpb} = \mu_{Rspb}$$

H₁: El desarrollo fenológico de la especie Rye grass (*Lolium perenne*), varía según la concentración del plomo presente en el suelo.

$$H_1: \mu_{Rcpb} \neq \mu_{Rspb}$$

Tabla N° 33: Promedio de crecimiento del Rye Grass

DÍA	CRECIMIENTO DEL RYE-GRASS									
	DIA 7	DIA 14	DIA 21	DIA 28	DIA 35	DIA 42	DIA 49	DIA 56	DIA 63	DIA 70
Promedio de crecimiento del Rye-Grass en tratamiento experimental (cm)	4,7	8,8	11,5	13,6	14,6	15,5	16,5	17,4	18,1	18,7
Promedio de crecimiento del Rye-Grass en tratamiento control (cm)	3,4	6,4	9,2	11,5	12,3	13,2	14,4	15,5	16,2	17,2

Tabla N° 34: Prueba de ANOVA. Crecimiento del Rye Grass

ANOVA					
CRECIMIENTO DEL RYE GRASS VS CRECIMIENTO DEL RYE GRASS					
CONTROL					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	49,016	1	49,016	2,371	,141
Dentro de grupos	372,069	18	20,671		
Total	421,085	19			

Criterio de decisión:

Si el valor p (sigma) es mayor de 0,05 no se rechaza la hipótesis nula.

Interpretación p (sigma):

Como el valor de $p = 0,141$ y es mayor de 0,05; se aceptó la hipótesis nula demostrando que el promedio del crecimiento de la especie Rye grass (*Lolium perenne*) no varía según la concentración del plomo presente en el suelo.

3.6.3. VARIACIÓN DEL CRECIMIENTO DEL GERANIO

a) Prueba de Normalidad

La normalidad de errores para los datos de crecimiento del Geranio respecto la concentración del plomo durante todo el periodo de exposición de las especies, se aplicó la prueba de Shapiro Wilk con un nivel de confianza del 95 %, ya que la cantidad de muestras es inferior a 50.

Hipótesis:

H₀: El crecimiento presenta una distribución normal

H_i: El crecimiento presenta una distribución no normal

Estadística y región crítica de la prueba

Si p-value : Sig. \leq 0.05 \longrightarrow Rechaza la H₀

Si p-value : Sig. \geq 0.05 \longrightarrow No rechazar la H₀

Tabla N° 35: Pruebas de normalidad. Crecimiento del Geranio

Pruebas de normalidad						
ANÁLISIS DURANTE LA FITORREMEDIACIÓN CON GERANIO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PROMEDIO DE CRECIMIENTO DE TRATAMIENTO DEL GERANIO	,146	10	,200*	,943	10	,58
PROMEDIO DE CRECIMIENTO CONTROL DEL GERANIO	,165	10	,200*	,955	10	,728

b. Corrección de significación de Lilliefors

p-value Crecimiento en suelo con plomo: 0,58

p-value Crecimiento en suelo control: 0,728

Decisión

Los valores de significancia son mayores a 5%, por lo tanto se acepta la hipótesis nula, concluyendo que las eficiencias tienen una distribución normal.

b) Homogeneidad de varianzas

La homogeneidad de varianzas para los datos del crecimiento del Geranio en suelo expuesto a plomo y suelo control en todo el periodo de exposición, se aplicó mediante la Prueba de Levene.

Hipótesis:

H0: Las varianzas son homogéneas.

Hi: Al menos una varianza es diferente de los demás

Estadística y región crítica de la prueba

Si p-value : Sig. \leq 0,05 \longrightarrow Rechaza la H₀

Si p-value : Sig. \geq 0,05 \longrightarrow No rechazar la H₀

Tabla N° 36: Prueba de homogeneidad de varianzas. Crecimiento del Geranio

Prueba de homogeneidad de varianzas.			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
,520	1	18	,480

p-value: 0,480

Decisión

El contraste con el estadístico de Levene, el valor como resultado de significancia fue de 0,480 siendo mayor que 0,05, lo que representa que se cumple el supuesto de homogeneidad, por lo tanto se acepta la hipótesis nula, con un nivel de significancia del 5%.

c) Análisis de varianza ANOVA

Estadístico de contraste:

La prueba de hipótesis para las comparaciones de las variaciones de crecimiento del Geranio expuesta a suelo con plomo y suelo sin plomo se aplicó pruebas para determinar la variación se logró aplicando la prueba de hipótesis del análisis de la varianza de un factor.

Hipótesis Específica 3:

H₀: El desarrollo fenológico de la especie Geranio (*Pelargonium hortorum*), no varía según la concentración del plomo presente en el suelo.

$$H_0: \mu_{Gcpb} = \mu_{Gspb}$$

H₁: El desarrollo fenológico de la especie Geranio (*Pelargonium hortorum*), varía según la concentración del plomo presente en el suelo.

$$H_1: \mu_{Gcpb} \neq \mu_{Gspb}$$

Estadístico de contraste:

La prueba de hipótesis para las comparaciones de las variaciones de crecimiento de Geranio expuesta a suelo con plomo y suelo sin plomo se aplicó pruebas para determinar la variación se logró aplicando la prueba de hipótesis del análisis de la varianza de un factor.

Tabla N° 37: Promedio del crecimiento de la especie *Plargonium hortorum*

DÍA	CRECIMIENTO DEL GERANIO									
	DIA 7	DIA 14	DIA 21	DIA 28	DIA 35	DIA 42	DIA 49	DIA 56	DIA 63	DIA 70
Promedio de crecimiento del Geranio en tratamiento experimental (cm)	1,73	2,22	2,65	3,22	4,50	5,15	5,74	6,15	6,80	7,45
Promedio de crecimiento del Geranio en tratamiento control (cm)	1,60	2,05	2,45	2,95	3,65	4,08	4,65	5,25	6,15	7,05

Tabla N° 38: Prueba de ANOVA. Crecimiento del Geranio

ANOVA					
CRECIMIENTO DEL GERANIO VS CRECIMIENTO DEL GERANIO CONTROL					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2,022	1	2,022	,558	,465
Dentro de grupos	65,289	18	3,627		
Total	67,311	19			

Criterio de decisión:

Si el valor p (sigma) es mayor de 0,05 no se rechaza la hipótesis nula.

Interpretación p (sigma):

Como el valor de $p = 0,465$ y es mayor de 0,05; se aceptó la hipótesis nula demostrando que el promedio del crecimiento de la especie Geranio (*Pelargonium hortorum*) no varía según la concentración del plomo presente en el suelo.

3.6.4. VARIACIÓN DEL CRECIMIENTO DE LA MALVA

a) Prueba de Normalidad

La normalidad de errores para los datos de crecimiento de la Malva respecto la concentración del plomo durante todo el periodo de exposición de las especies, se aplicó la prueba de Shapiro Wilk con un nivel de confianza del 95 %, ya que la cantidad de muestras es inferior a 50.

Hipótesis:

H0: El crecimiento presenta una distribución normal

Hi: El crecimiento presenta una distribución no normal

Estadística y región crítica de la prueba

Si p-value : Sig. \leq 0.05 \longrightarrow Rechaza la H_0

Si p-value : Sig. \geq 0.05 \longrightarrow No rechazar la H_0

Tabla N° 39: Pruebas de normalidad. Crecimiento de la Malva

Pruebas de normalidad						
ANÁLISIS DURANTE LA FITORREMEDIACIÓN CON MALVA	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PROMEDIO DE CRECIMIENTO DE TRATAMIENTO DE LA MALVA	,164	10	,200*	,953	10	,702
PROMEDIO DE CRECIMIENTO CONTROL DE LA MALVA	,140	10	,200*	,958	10	,767

a. Corrección de significación de Lilliefors

p-value Crecimiento en suelo con plomo: 0,702

p-value Crecimiento en suelo control: 0,767

Decisión

Los valores de significancia son mayores a 5%, por lo tanto se acepta la hipótesis nula, concluyendo que las eficiencias tienen una distribución normal.

b) Homogeneidad de varianzas

La homogeneidad de varianzas para los datos del crecimiento de la Malva en suelo expuesto a plomo y suelo control en todo el periodo de exposición, se aplicó mediante la Prueba de Levene.

Hipótesis:

H0: Las varianzas son homogéneas.

Hi: Al menos una varianza es diferente de los demás

Estadística y región crítica de la prueba

Si p-value : Sig. \leq 0.05 \longrightarrow Rechaza la H_0

Si p-value : Sig. \geq 0.05 \longrightarrow No rechazar la H_0

Tabla N° 40: Prueba de homogeneidad de varianzas. Crecimiento de la Malva

Prueba de homogeneidad de varianzas.			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
,867	1	18	,364

p-value: 0,364

Criterio de Decisión

El contraste con el estadístico de Levene, el valor como resultado de significancia fue de 0,364 siendo mayor que 0,05, lo que representa que se cumple el supuesto de homogeneidad, por lo tanto se acepta la hipótesis nula, con un nivel de significancia del 5%.

c) Análisis de varianza ANOVA

Estadístico de contraste:

La prueba de hipótesis para las comparaciones de las variaciones de crecimiento de la Malva expuesta a suelo con plomo y suelo sin plomo se aplicó pruebas para determinar la variación se logró aplicando la prueba de hipótesis del análisis de la varianza de un factor.

Hipótesis Específica 4:

H₀: El desarrollo fenológico de la especie malva (*Fuertesimalva echinata*), no varía según la concentración del plomo presente en el suelo.

$$H_0: \mu_{Mcpb} = \mu_{Mspb}$$

H₁: El desarrollo fenológico de la especie malva (*Fuertesimalva echinata*), varía según la concentración del plomo presente en el suelo.

$$H_1: \mu_{Mcpb} \neq \mu_{Mspb}$$

Tabla N°41: Promedio del crecimiento de la especie *Fuertesimalva echinata*

DÍA	CRECIMIENTO DE LA MALVA									
	DIA 7	DIA 14	DIA 21	DIA 28	DIA 35	DIA 42	DIA 49	DIA 56	DIA 63	DIA 70
Promedio de crecimiento de la Malva en tratamiento experimental (cm)	2,58	3,35	3,84	4,32	5,25	6,05	7,20	7,35	8,05	8,80
Promedio de crecimiento de la Malva en tratamiento control (cm)	2,25	3,03	3,50	4,00	4,48	5,50	6,00	6,30	6,70	7,30

Tabla N° 42: Prueba de ANOVA. Crecimiento de la Malva

ANOVA					
CRECIMIENTO DE MALVA VS CRECIMIENTO DE MALVA CONTROL					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2,949	1	2,949	,797	,384
Dentro de grupos	66,622	18	3,701		
Total	69,571	19			

Criterio de decisión:

Si el valor p (sigma) es mayor de 0,05 no se rechaza la hipótesis nula.

Interpretación p (sigma):

Como el valor de p = 0,384 y es mayor de 0,05; se aceptó la hipótesis nula demostrando que el promedio del crecimiento de la especie malva (*Fuertesimalva echinata*), no varía según la concentración del plomo presente en el suelo.

IV. DISCUSIONES

El suelo analizado presenta una gran cantidad de Capacidad de intercambio catiónico, presenta un suelo franco arcillo arenoso y una conductividad eléctrica elevada, estas características coadyuvan a que las especies analizadas en esta investigación tengan gran eficiencia como se ha demostrado, ya que todas presentan un porcentaje de reducción mayores de 60, esto se da ya que la vía de comunicación del suelo con las especies se da mediante las raíces, el ion metálico presenta carga positiva y las arcillas presentan carga negativa, la capacidad de intercambio catiónico ayuda a la liberación de estos iones, el pH en medios ácidos ayuda a la retención y/o absorción del plomo y la conductividad eléctrica elevada ayuda a la movilización del contaminante, en la especie de Rye grass se aprecia una mayor retención del plomo en las raíces, esto se da porque las raíces micorrizadas tienen carga negativa y los iones carga positiva favoreciendo a la retención en las raíces ya que se evidencio el crecimiento de hongos en la repetición 1.

Según Daniela Orroño (2002) en su investigación sobre la capacidad de fitorremediación el *Pelargonium hortorum* (geranio), da como resultado que la especie llega a retener grandes de cantidades del plomo en las raíces, sin embargo en nuestra investigación la retención del plomo en grandes de cantidades se realizó en el tallo, y con menos concentraciones en las raíces siendo considerada especie fitoextractora, la vía de ingreso del plomo se da mediante las raíces, considerando que la parte aérea resulto más grande que las raíces, se da el transporte por medio de la fuerza de osmosis, lo que permite que el plomo llegue a las partes aéreas.

El tratamiento de fitorremediación a partir de las especie de Rye Grass tiene mejores resultados respecto al tratamiento de Geranio y Malva además según Rubén Sirra en el año 2006 y otros prácticamente la totalidad del Pb absorbido se acumula en la raíz. Este hecho, demuestra que el Rye Grass presenta una estrategia de exclusión extracelular que impide el paso del

plomo al interior de sus células y obstruye su translocación a los tejidos aéreos (hojas) por lo que resulta ser un valor agregado a la especie.

Respecto a los resultados obtenidos en la experimentación se puede sostener que, en cuanto a la reducción de la concentración del plomo luego de tratamiento de fitorremediación con las especies de Rye grass, Geranio y Malva se muestra que la especie de Rye Grass logró reducir la concentración de plomo a 59,06 mg/kg considerando que el ECA para suelo agrícola es de 70 mg/kg, mientras que las especies de Geranio y Malva lograron reducir la concentración del plomo a la tercera parte a pesar de que la concentración con la que se inició el experimento fue igual para ambas, por lo que se entiende que respecto a eficiencia en cuanto a reducción de la concentración del plomo en el suelo agrícola del distrito de Huamantanga la especie de Rye Grass es significativamente superior.

Respecto a la variación del desarrollo de la especie de Rye Grass se midió su desarrollo en donde se evaluó las hojas se ve que desde el día siete del experimento hay una ligera diferencia en el tamaño de las especies sin embargo esta diferencia se hace más notoria a media que transcurren los días en el experimento lo que nos hace inducir que el hecho de exponerse a estas especies a la presencia del plomo no repercute a su crecimiento respecto al crecimiento del Rye grass en suelo con niveles del plomo bajo, esto se da porque algunas especies transforman el plomo en nutrientes para su crecimiento. Comparando con la especie de Geranio esta presenta una ligera variación de crecimiento respecto al suelo control, esta refleja menor variación que las demás especies analizadas; la especie de malva en suelo con gran cantidad del plomo se adaptó mejor que el suelo con pocas cantidades del plomo. Las especies que crecieron en suelo control tuvieron un lento crecimiento respecto a las especies que crecieron a suelo con plomo, estas especies en suelo control tuvieron el mismo desarrollo mas no de crecimiento. Cabe resaltar que las especies no sufrieron ningún cambio en su forma ni sufrieron ninguna muerte en ninguna repetición.

V. CONCLUSIONES

- Las especies de Rye grass (*Lolium perenne*), Geranio (*Pelargonium hortorum*) y Malva (*Fuertesimalva echinata*) lograron reducir las concentraciones de plomo iniciales en el suelo de 402.8 ppm, encontrándose concentraciones de 53 ppm de plomo mediante la repetición N°3 a los 70 días de exposición con la especie Rye grass.
- La eficiencia promedio de retención de plomo en el suelo de la especie Rye grass (*Lolium perenne*) es de 75%, Geranio (*Pelargonium hortorum*) 69% y Malva (*Fuertesimalva echinata*) de 68%, siendo la especie más eficiente el Rye Grass.
- Las mayores de concentraciones del plomo absorbida y adsorbida fueron dadas en la repetición N° 3, el Rye grass llegando a concentraciones de 613,28 ppm del plomo en sus tejidos aéreos y radiculares, siendo la especie con más acumulación del plomo en menos días de tratamiento.
- El desarrollo fenológico de la especie Rye Grass, no varía al ser empleada en tratamientos de fitorremediación de suelo con plomo, ya que al comparar el crecimiento del Rye Grass en las tres repeticiones versus el Rye Grass en suelo sin plomo este se desarrolló mejor debido a la cantidad de nutrientes presentes en el suelo para tratamiento.
- El desarrollo fenológico de la especie Geranio, no varía al ser empleada en tratamientos de fitorremediación de suelo con plomo, ya que al comparar el crecimiento del Geranio en las tres repeticiones versus el Geranio en suelo sin plomo este se desarrolló mejor debido a la cantidad de nutrientes presentes en el suelo para tratamiento.
- El desarrollo fenológico de la especie Malva, no varía al ser empleada en tratamientos de fitorremediación del plomo de suelo con plomo, ya que al comparar el crecimiento de la Malva en las tres repeticiones versus la Malva en suelo sin plomo este se desarrolló mejor debido a la cantidad de nutrientes presentes en el suelo para tratamiento.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar evaluaciones de corrida de metales pesados, ya que pueden existir algún tipo de competencia entre metales al ser absorbidas y adsorbidas por las especies fitorremediadoras en el suelo.
- Determinar estudios de afinación de las especies respecto a los metales a analizar.
- Analizar la biomasa de las especies por etapa de crecimiento, ya que es un importante indicador de fitorremediación en el suelo.
- Investigar si factores como a luz y la humedad tienen una influencia directa en las eficiencias de las especies de fitorremediación.
- Implementar más de tres repeticiones por tratamiento para que se pueda apreciar con más exactitud el comportamiento de la fitorremediación, así como muestras control por tratamiento.
- Acondicionar el área de implementación de la experimentación para que factores externos al tratamiento no influyan en los resultados.
- Analizar varias muestras de suelo inicial para tener un valor más próximo de la concentración de los elementos a analizar.
- Aplicar la técnica de fitorremediación por un periodo de 12 meses a más, dado que las especies puedan llegar a su etapa de crecimiento óptima, para tener una relación más directa de las concentraciones de absorción y adsorción de los elementos a analizar.
- Realizar una muestra piloto para determinar la viabilidad de la experimentación.

VII. REFERENCIA

- BROOKS R.R., J. Lee, R.D. Reeves & T. Jaffré. Detection of metalliferous rocks by analysis of herbarium specimens of indicator plants. Journal of Geochemical Exploration. 1977.
- CARPENA, M. Pilar Bernal. Claves de la fitorremediación: fitotecnologías para la recuperación de suelos R.O. (1) Dpto. Química Agrícola. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid. 28049 Madrid (2) Dpto. Conservación de Suelos y Agua y Manejo de Residuos Orgánicos, Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura, CSIC, 30100 Murcia., 2007. 164 p.
- CHANEY, R.L., Malik, M., Li, Y.M., Brown, S.L., Brewer, E.P., Angle, J.S., Baker, A.J.M.. Phytoremediation of soil.1997.
- DIEZ L. J. Fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados; Evaluación de plantas tolerantes y optimización del proceso mediante prácticas agronómicas La Coruña, España, 2008.
- E.L. CALDERÓN y R. Concha. Evaluación de las concentraciones de metales pesados para determinar la calidad de frutas de consumo masivo en la ciudad de Piura, ca.2006.
- Guía de muestreo de suelos, en el Marco D.S N° 002-2013-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental para Suelo, 2014: disponible en http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/GUIA-MUESTREO-SUELO_MINAM1.pdf
- GUSTAVO P. Disponibilidad de metales Tóxicos en sitios contaminados. Barcelona. 2015. 71 p.
- GUSTAVO P. Disponibilidad de metales tóxicos en sitios contaminados, Barcelona. 2005. 88 p.
- HETTIARCHCHI, g.m. and pierzynski, g.m. In situ stabilization of soil lead using phosphorus and manganese oxide: Influence of plant growth. Journal Environmental Quality. 2002.

- HUANG, J.W.; J. Chen; W.R. Berti & S.D. Cunningham. Phytoremediation of leadcontaminated soils: role of synthetic chelates in lead phytoextraction. Environ. Sci. Technol. 1997.
- J.P. Navarro.-Aviñó, I. Aguilar Alonso. Aspectos bioquímicos y genéticos de la tolerancia y acumulación de metales pesados en plantas. Universidad Politecnica de Valencia. Valencia. 2007. 6-22 p.
- JARA-PEÑA E., J. Gómez, H. Montoya, M. Chanco, M. Mariano & N. Cano. Capacidad fitorremediadora de cinco especies altoandinas de suelos contaminados con metales pesados. Revista peruana de biología 21(2): 201. 145 – 154 pp.
- KIRKHAM. MB. Cadmium in plants on polluted soils: Effects of soil factors, hyperaccumulation, and amendments. Geoderma. 2006. 137: 19- 32
- KABATA-PENDIAS, A. Trace elements in soils and plants. Third Edition. CRC Press, Inc. Boca Raton. USA. 2000 pp.
- LOMBI E, Zhao FJ, Dunham SJ, McGrath SP Phytoremediation of heavy metal-contaminated soils: natural hyperaccumulation versus chemically enhanced phytoextraction. J. Environ. Qual. 2001. 30: 1919-1926.
- MAHDIEH M, Yazdani M, Mahdieh S. The high potential of Pelargonium roseum plant for phytoremediation of heavy metals. Environmental Monitoring and Assessment DOI. 2013.
- MARLON Serrano. G, Fitorremediación: Una alternativa para la recuperación de suelos contaminados por Hidrocarburos. Universidad industrial de stander, Bucaramanga, 2006: Disponible en : <file:///F:/Desarrollo%20de%20tesis/fitorremediacion%20rye%20grass.pdf>
- MARTIN, C.W. Heavy Metals Trends in Floodplain Sediments and Valley Fill. Catena .2000. 39, 53-68.
- OREGON STATE UNIVERSITY. Brochure: Perennial Ryegrass. Oregon Ryegrass Growers Seed Commission. 1999.
- ORROÑO D. Acumulación de metales (cadmio, zinc, cobre, cromo, níquel y plomo) en especies del género Pelargominium: suministro desde el suelo, ubicación en la planta y toxicidad. Universidad de Buenos Aires. Ingeniería Agrónoma; 2002.

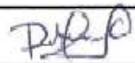
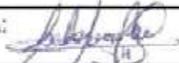
- PAGRANELLI, F., Moscardini, E., Giuliano, V. and Toro, L. Sequential Extraction of Heavy Metals in River Sediments of an Abandoned Pyrite Mining Area: Pollution Detection and Affinity Series. *Environmental Pollution*, 2004.132:189-201. 2006
- Prasad MNV. Phytoremediation of Metal-Polluted Ecosystems: Hype for Commercialization. *Russ. J. Plant Phys.* (2003).
- RUBEN V. Fitorremediación de un suelo contaminado con Plomo por actividad industrial. Universidad Autónoma Agraria. México
- TEREZA V. Dan, Sankaran KrishnaRaj & Praveen K. Saxena: Metal Tolerance of Scented Geranium (*Pelargonium* sp. 'Frensham'): Effects of Cadmium and Nickel on Chlorophyll Fluorescence Kinetics, Published online: 2006.

VIII. Anexos

Anexo N° 1: Formato de instrumentos

Instrumento N°1: Características Físicoquímicas del suelo inicial

FORMATO PARA RECOLECCION DE DATOS DEL MUESTREO DE SUELOS	CODIGO: UCV- FO- 002 VERSION: 001																
	CE µs/m	Análisis Mecánico				MO %	pH	CIC						Elementos			
		Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura			CIC TOTAL	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁻	Al ⁺³ +H ⁺¹	Pb mg kg-1	Cu mg kg-1	Cd mg kg-1	
																	Cmol (+) /Kg
Suelo Contaminado(SC-01)																	
FORMATO PARA RECOLECCION DE DATOS DEL MUESTREO DE SUELOS	CODIGO: UCV- FO- 003 VERSION: 001										Pb mg kg-1						
	CE µs/m	Análisis Mecánico				MO %	pH										
		Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura												
Suelo testigo (ST-01)																	

VALIDADO POR:		
NOMBRE Y APELLIDO: RUBEN MUNEVE CERRON	NOMBRE Y APELLIDO: César Martín Clavería Moyano	NOMBRE Y APELLIDO: Blanca Ischael Resado Guevara
FIRMA: 	FIRMA: 	FIRMA: 
CIP: 38103	CIP: 062730	CBP: 12490

Instrumento N°2: Desarrollo fenológico

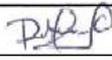
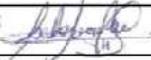
DESARROLLO FENOLÓGICO			CODIGO: UCV- FO- 004 VERSION: 001										
			Crecimiento del cultivo (cm)										
			7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77
T1= Rye-grass (<i>Lolium perenne</i>)	R1	Esp 1											
		Esp 2											
		Esp 3											
		Esp 4											
	Prom												
	R2	Esp 1											
		Esp 2											
		Esp 3											
		Esp 4											
	Prom												
	R3	Esp 1											
		Esp 2											
		Esp 3											
		Esp 4											
	Prom												
	Testigo	Esp 1											
		Esp 2											
		Esp 3											
		Esp 4											
	Prom												

			DESARROLLO FENOLOGICO											
			Crecimiento del cultivo (cm)											
			7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	
T2= Geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>)	R1	Esp 1												
		Esp 2												
		Esp 3												
		Esp 4												
	Prom													
	R2	Esp 1												
		Esp 2												
		Esp 3												
		Esp 4												
	Prom													
	R3	Esp 1												
		Esp 2												
		Esp 3												
		Esp 4												
	Prom													
	Testigo	Esp 1												
		Esp 2												
		Esp 3												
		Esp 4												
	Prom													

			DESARROLLO FENOLOGICO											
			Crecimiento del cultivo (cm)											
			7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	
T3= Malva (<i>Fuertesimalva echinata</i>)	R1	Esp 1												
		Esp 2												
		Esp 3												
		Esp 4												
	Prom													
	R2	Esp 1												
		Esp 2												
		Esp 3												
		Esp 4												
	Prom													
	R3	Esp 1												
		Esp 2												
		Esp 3												
		Esp 4												
	Prom													
	Testigo	Esp 1												
		Esp 2												
		Esp 3												
		Esp 4												
	Prom													

Instrumento N°3: Plomo en el suelo durante el tratamiento

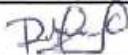
Tratamientos	CODIGO: UCV- FO- 006 VERSION: 001		
	DURANTE LA FITORREMEDIACIÓN SUELO		
	Repetición N° 1	Repetición N°2	Repetición N°3
	Pb mg kg-1	Pb mg kg-1	Pb mg kg-1
TC1= Rye-grass (<i>Lolium perenne</i>)			
TC2= Geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>)			
TC3= Malva (<i>Fuertesimalva echinata</i>)			

VALIDADO POR:		
NOMBRE Y APELLIDO: RUBEN MUNEZ CERRON	NOMBRE Y APELLIDO: César Martín Uauaco Mayma	NOMBRE Y APELLIDO: Blanca Ischael Resado Guevas
FIRMA: 	FIRMA: 	FIRMA: 
CIP: 38103	CIP: 062730	CBP: 12490

Instrumento N°4: Características físico química durante el tratamiento

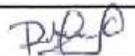
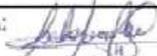
	FORMATO DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	CODIGO: UCV- FO- 005
		VERSION: 001

	CODIGO: UCV- FO- 007 VERSION: 001					
	Primer Análisis		Segundo Análisis		Tercer Análisis	
	R1		R2		R3	
	pH	CE	pH	CE	pH	CE
TC1= Rye-grass (<i>Lolium perenne</i>)						
TC2= Geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>)						
TC3= Malva (<i>Fuertesimalva echinata</i>)						

VALIDADO POR:		
NOMBRE Y APELLIDO: RUBEN MUNEZ CERRON	NOMBRE Y APELLIDO: César Martín Clavero Mayma	NOMBRE Y APELLIDO: Blanca Isobel Resado Geros
FIRMA: 	FIRMA: 	FIRMA: 
CIP: 38103	CIP: 062730	CIP: 12490

Instrumento N°5: Porcentaje de Reducción del plomo

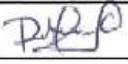
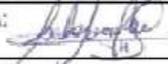
CODIGO: UCV- FO- 008 VERSION: 001		
Tratamientos		PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DEL PLOMO (%)
TC1= Rye-grass (<i>Lolium perenne</i>)	R1	
	R2	
	R3	
TC2= Geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>)	R1	
	R2	
	R3	
TC3= Malva (<i>Fuertesimalva echinata</i>)	R1	
	R2	
	R3c	

VALIDADO POR:		
NOMBRE Y APELLIDO: RUBEN MUNIVE CERRON	NOMBRE Y APELLIDO: César Martín Uaraca Mayma	NOMBRE Y APELLIDO: Blanca Isabel Pesado Geras
FIRMA: 	FIRMA: 	FIRMA: 
CIP: 38103	CIP: 062730	CIP: 12490

Instrumento N°6: Concentración del plomo en tejidos vegetales

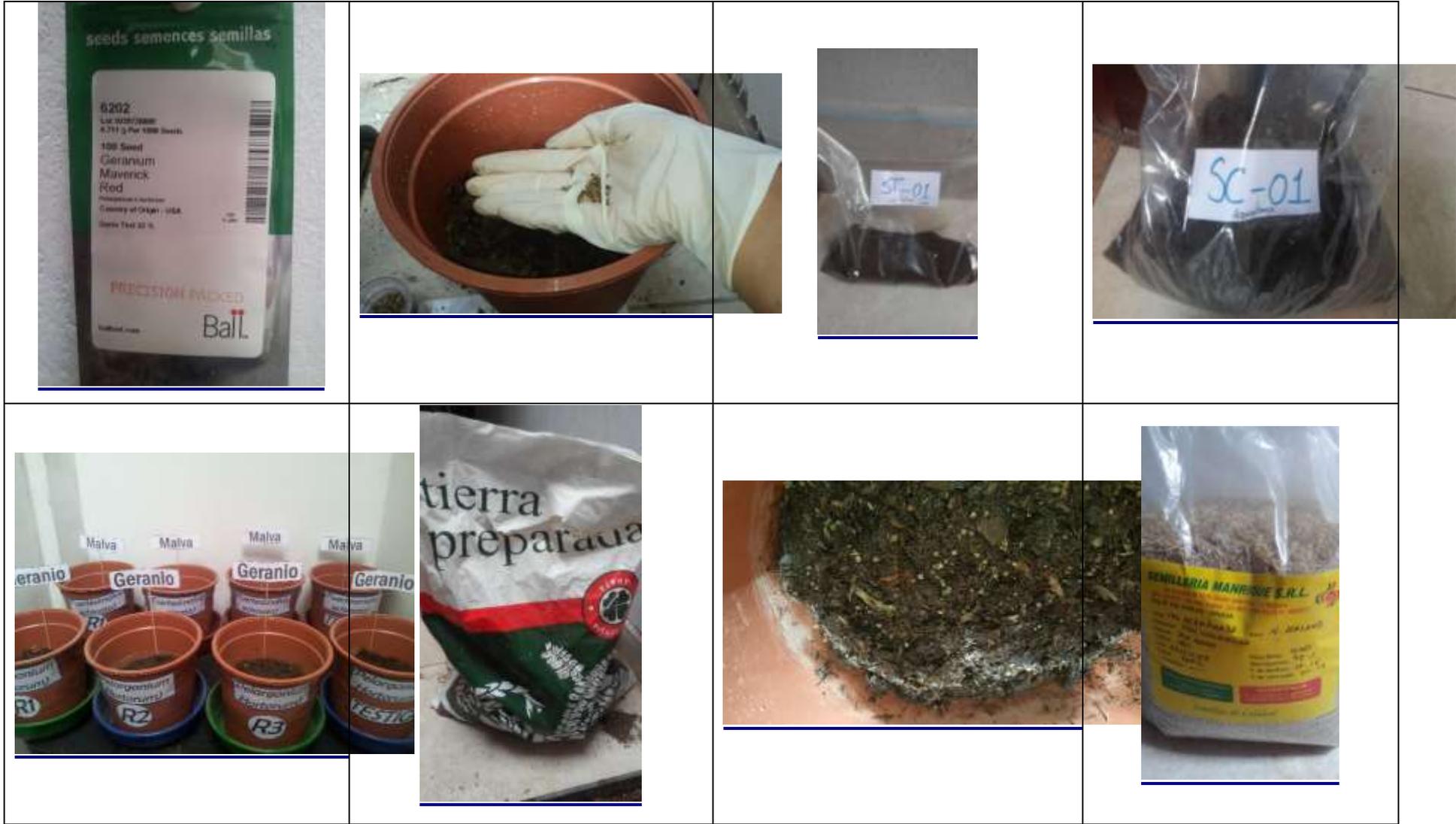
	FORMATO DE CONCENTRACIÓN DEL PLOMO	CODIGO: UCV- FO-005
		VERSION: 001

Tratamientos		ACUMULACIÓN		
		CONCENTRACIÓN DEL PLOMO (ppm)		
		R1	R2	R3
TC1= Rye grass (<i>Lolium perenne</i>)	Hojas			
	Raíz			
TC2= Geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>)	Tallo			
	Raíz			
TC3= Malva (<i>Fuertesimalva echinata</i>)	Raíz			

VALIDADO POR:		
NOMBRE Y APELLIDO: RUBEN MUNIVE CERRON	NOMBRE Y APELLIDO: César Martín Clavero Mayma	NOMBRE Y APELLIDO: Blanca Isidra Resado Grais
FIRMA: 	FIRMA: 	FIRMA: 
CIP: 38103	CIP: 062730	CIP: 12490

Anexo N° 2: Fotografías





GERANIO PELARGONIUM HORTORUM







CRECIMIENTO DEL RYE GRASS

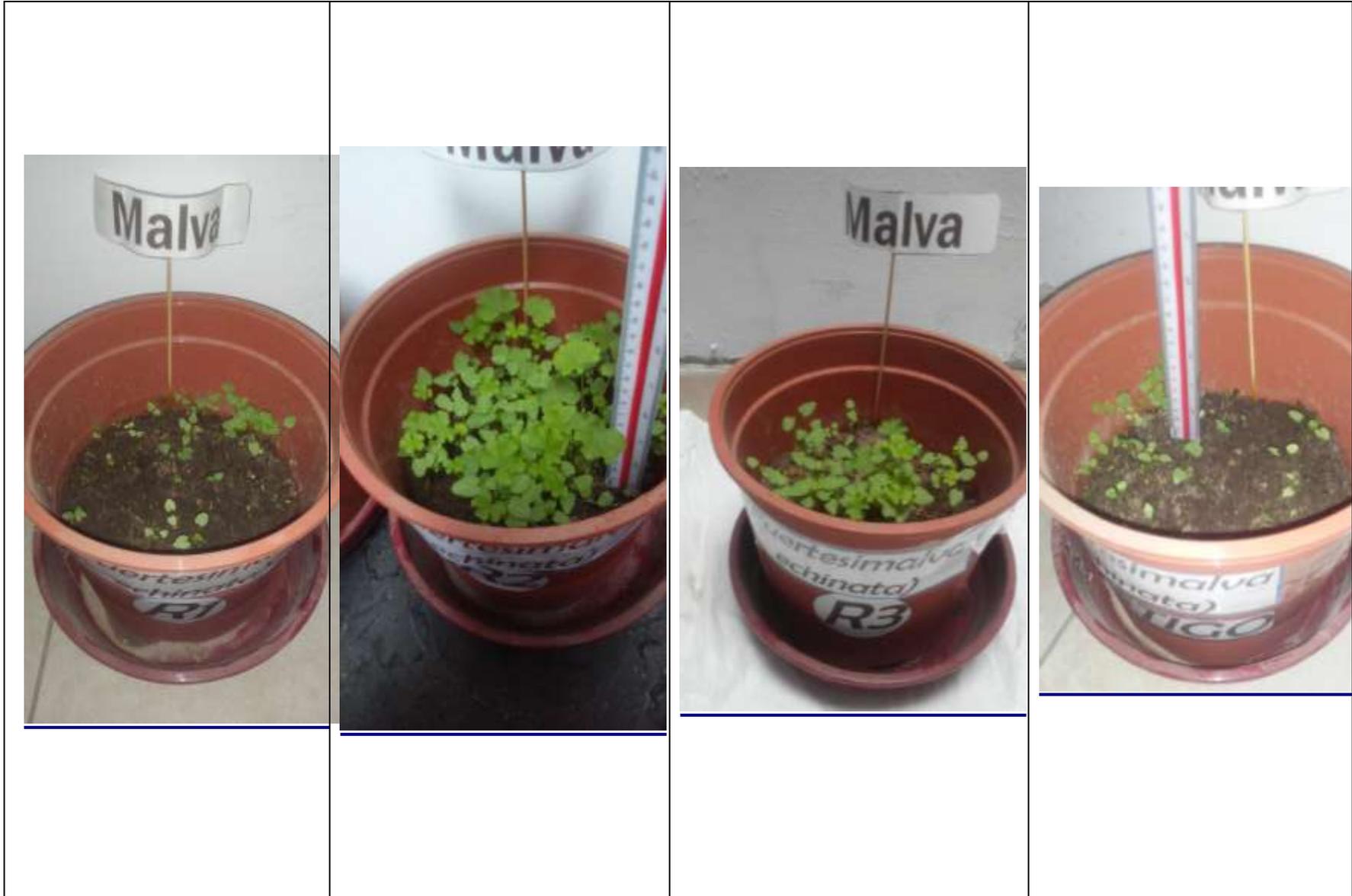






CRECIMIENTO DE LA FUERTESIMALVA ECHINATA MALVA





GERANIO R1



MALVA R1



RYE GRASS R1



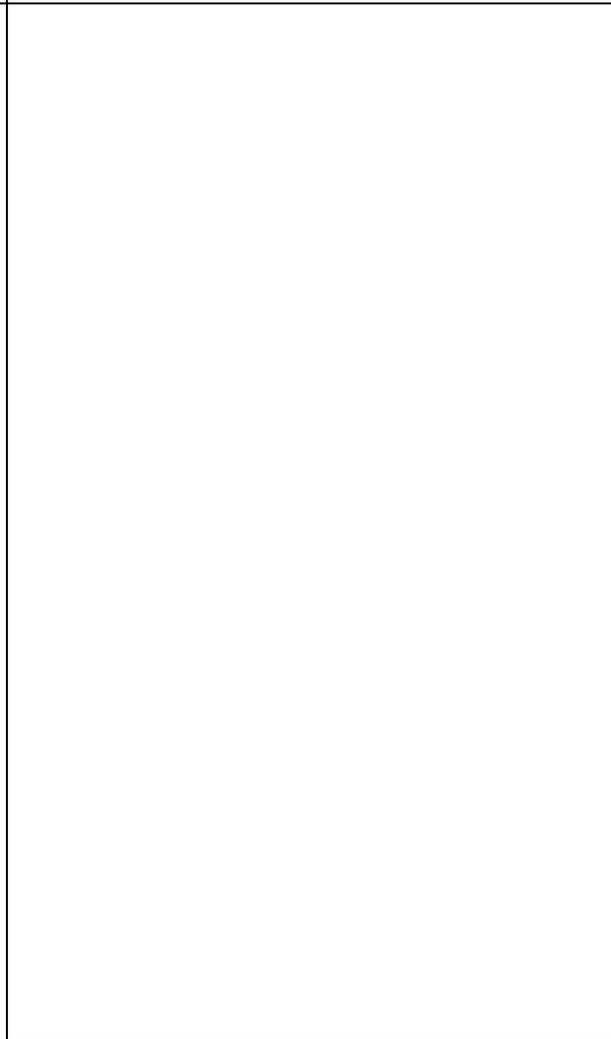
GERANIO R2



MALVA R2



RYE GRASS R2



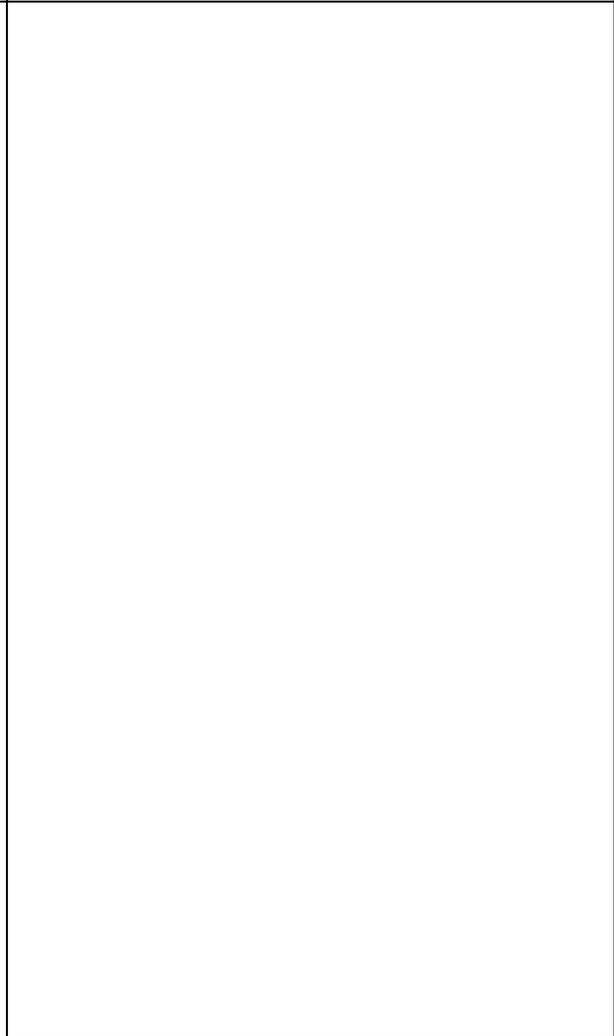
GERANIO R3



MALVA R3

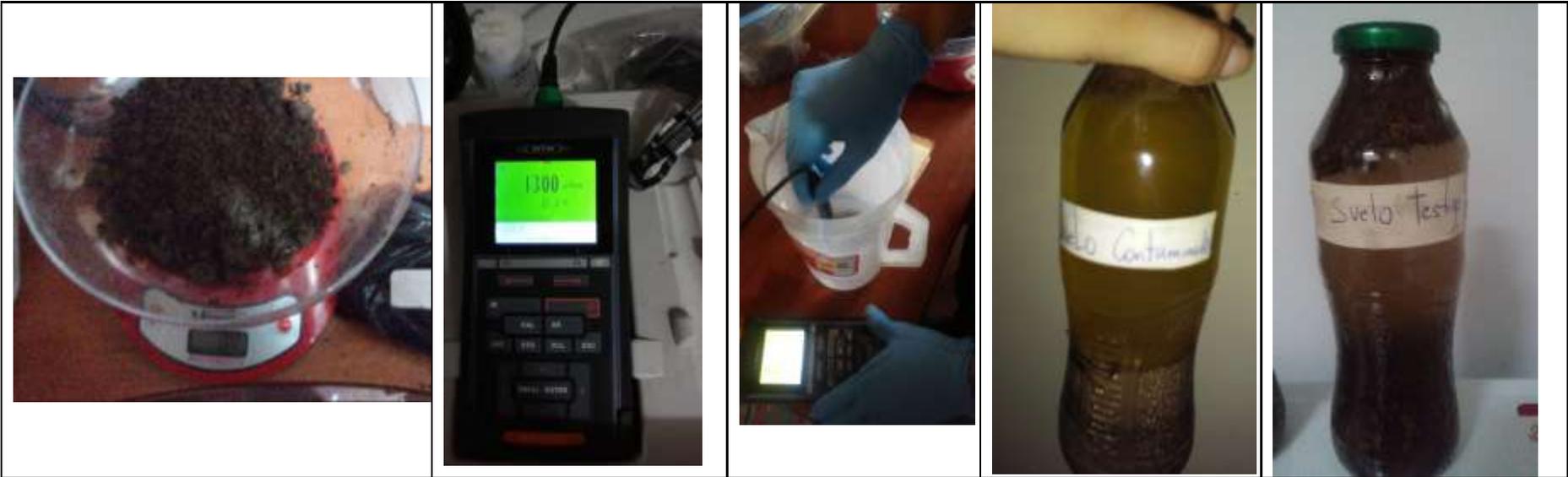


RYE GRASS R3



DETERMINACIÓN DE pH, CE Y TEXTURA





Anexo N° 3: Registro de crecimiento de especies

			DESARROLLO FENOLÓGICO									
			Crecimiento del cultivo (cm)									
			7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
TC1= Rye-grass (<i>Lolium perenne</i>)	R1	Esp 1	4.4	8.5	10.9	13.9						
		Esp 2	4.5	8.7	11	13.3						
		Esp 3	4.7	8.9	11.5	13.6						
		Esp 4	4.7	8.9	11.3	13.4						
	Prom		4.575	8.75	11.175	13.55						
	R2	Esp 1	4.7	10	11.9	13.9	14.5	15.4	16.5			
		Esp 2	4.5	8.2	11.1	13.5	14.6	15.2	16.4			
		Esp 3	4.5	8.1	11.1	13.9	14.9	16.4	16.5			
		Esp 4	4.8	9	11.6	13.35	14.5	15.4	16.4			
	Prom		4.625	8.825	11.425	13.6625	14.625	15.6	16.45			
	R3	Esp 1	4.9	8.5	11.8	13	14.5	15.6	16.7	17.5	18	18.8
		Esp 2	5	10	12.1	13.7	14.4	15.4	16.5	17.3	18.2	18.6
		Esp 3	4.6	8.7	11.5	13.7	14.5	15.3	16.2	17.5	18.1	18.5
		Esp 4	4.8	8.9	11.6	14.1	14.6	15.4	16.5	17.2	18	18.9
	Prom		4.825	9.025	11.75	13.625	14.5	15.425	16.475	17.375	18.075	18.7
	Testigo	Esp 1	3.7	6.3	9.2	11.7	12.5	13.2	14.5	15.6	16.3	17
		Esp 2	3.4	6.5	9.3	11.1	12.1	13	14.4	15.5	16.1	16.9
		Esp 3	3.2	6.3	9.1	11.5	12.3	13.4	14.5	15.5	16	17
		Esp 4	3.3	6.5	9.2	11.8	12.4	13.3	14.2	15.3	16.3	17.9
	Prom		3.4	6.4	9.2	11.525	12.325	13.225	14.4	15.475	16.175	17.2

			DESARROLLO FENOLÓGICO									
			Germinación del cultivo (cm)									
			7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
TC2= <i>Pelargonium</i> <i>Hortorum</i> (Geranio)	R1	Esp 1	2	2.5	3	3.5						
		Esp 2	1.9	2.4	2.9	3.4						
		Esp 3	1.8	2.3	2.8	3.3						
		Esp 4	1.7	2.2	2.7	3.2						
	Prom		1.85	2.35	2.85	3.35						
	R2	Esp 1	1.8	2.3	2.7	3.4	4.8	5.3	6			
		Esp 2	1.7	2.2	2.6	3.3	4.7	5.4	6.1			
		Esp 3	1.8	2.1	2.5	3.2	4.6	5.3	5.7			
		Esp 4	1.5	2	2.4	3.1	4.5	5	5.6			
	Prom		1.7	2.15	2.55	3.25	4.65	5.25	5.85			
	R3	Esp 1	1.5	2.3	2.7	3.2	4.5	5.1	5.8	6.3	6.9	7.5
		Esp 2	1.7	2.2	2.6	3.1	4.4	5	5.7	6.2	6.8	7.4
		Esp 3	1.7	2.1	2.5	3	4.3	5.3	5.5	6.1	6.7	7.4
		Esp 4	1.6	2	2.4	2.9	4.2	4.8	5.5	6	6.8	7.5
	Prom		1.625	2.15	2.55	3.05	4.35	5.05	5.625	6.15	6.8	7.45
	Testigo	Esp 1	1.6	2.2	2.7	3.1	3.8	4.2	4.8	5.4	6.3	7.3
		Esp 2	1.7	2.1	2.6	3	3.7	4.1	4.7	5.3	6.2	7.1
		Esp 3	1.6	2	2.5	2.9	3.6	4	4.6	5.2	6.1	7
Esp 4		1.5	1.9	2	2.8	3.5	4	4.5	5.1	6	6.8	
Prom		1.6	2.05	2.45	2.95	3.65	4.075	4.65	5.25	6.15	7.05	

			DESARROLLO FENOLÓGICO									
			Germinación del cultivo (cm)									
			7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
TC3= Malva (<i>Fuertesimalva echinata</i>)	R1	Esp 1	2.5	3.4	3.9	4.4						
		Esp 2	2.3	3.3	3.8	4.3						
		Esp 3	2.5	3.4	3.9	4.2						
		Esp 4	2.4	3.4	3.8	4.1						
	Prom		2.425	3.375	3.85	4.25						
	R2	Esp 1	2.9	3.6	4.1	4.7	5.5	6.3	7.7			
		Esp 2	2.8	3.5	4	4.6	5.4	6.2	7.6			
		Esp 3	2.7	3.4	3.9	4.5	5.3	6.1	7.5			
		Esp 4	2.6	3.3	4.1	4.4	5.2	6	7.4			
	Prom		2.75	3.45	4.025	4.55	5.35	6.15	7.55			
	R3	Esp 1	2.7	3.3	3.8	4.3	5.3	6.1	7	7.5	8.4	9
		Esp 2	2.6	3.2	3.7	4.2	5.2	6	6.9	7.4	7.9	8.9
		Esp 3	2.5	3.1	3.6	4.1	5.1	5.9	6.8	7.3	8	8.5
		Esp 4	2.4	3.3	3.5	4	5	5.8	6.7	7.2	7.9	8.8
	Prom		2.55	3.225	3.65	4.15	5.15	5.95	6.85	7.35	8.05	8.8
	Testigo	Esp 1	2.4	3	3.5	4	4.8	5.5	5.9	6.2	6.8	7.2
		Esp 2	2.3	3.1	3.6	4.1	4.5	5.4	5.8	6.3	6.7	7.2
		Esp 3	2.2	3	3.5	4	4.4	5.5	6.1	6.5	6.8	7.1
		Esp 4	2.1	3	3.4	3.9	4.2	5.6	6.2	6.2	6.5	7.7
	Prom		2.25	3.025	3.5	4	4.475	5.5	6	6.3	6.7	7.3

Anexo 4: Informe de ensayo

Caracterización de Suelo Inicial



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO

Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 012140

ANALISIS DE SUELO

SOLICITANTE : ANA FLAVIA RIOS RODRIGUEZ
PROYECTO : Comparación de la eficiencia de especies fitoextractoras para reducir concentración de plomo
PROCEDENCIA : provincia de Canta - Distrito de Huamantanga
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 15 de marzo del 2017

Número de muestra		Pb (ppm)
Lab.	Campo	
12140	Suelo	402.80



LABORATORIO DE AGUA Y SUELO
Ing. Elizabeth Monterrey Porras
ENCARGADA DEL LABORATORIO

Caracterización de Suelo Inicial



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



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : ANA FLAVIA RÍOS RODRÍGUEZ
PROCEDENCIA : LIMA/ CANTA/ HUAMANTANGA
REFERENCIA : H.R. 58622
BOLETA : 328
FECHA : 26/05/2017

Número Muestra		Cu	Cd	CIC
Lab	Claves	Disp. ppm	ppm	meq/100g
3995	SC-01	3.15	2.21	24.32


Sally Garcia Bendezú
Jefe del Laboratorio

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

Caracterización de Suelo a los 29 días de tratamiento



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



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : ANA FLAVIA RIOS RODRIGUEZ
PROCEDENCIA : LIMA/CANTA
REFERENCIA : H.R. 58886
BOLETA : 389
FECHA : 26/05/2017

Nº LAB	CLAVES	Pb ppm
4203	R1-G(genio)	159.93
4204	R1-M(malva)	152.22
4205	R1-R(Rye Gnass)	138.57



Dr. Saúl García Bendezu
Jefe de Laboratorio

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

Caracterización de Suelo a los 48 días de tratamiento



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



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : ANA FLAVIA RIOS RODRIGUEZ
PROCEDENCIA : LIMA/ CANTA
REFERENCIA : H.R. 58788
FECHA : 05/08/17

Nº LAB	CLAVES	Pb ppm
4053	R2-G	105.79
4054	R2-M	117.32
4055	R2-R	104.73



Dr. Sady García Bendejú
Jefe de Laboratorio

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

Caracterización de Suelo a los 70 días de tratamiento



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



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : ANA FLAVIA RÍOS RODRÍGUEZ
PROCEDENCIA : LIMA/ CANTA/ HUAMANTANGA
REFERENCIA : H.R. 58621
BOLETA : 328
FECHA : 12/06/2017

Lab	Número Muestra		Pb ppm
	Claves		
3991	R3-G1		108.82
3992	R3-M		115.20
3993	R3-R		59.06
3994	ST-01(solo testigo)		77.24

Dr. Saúl García Bendezú
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

Concentración del Plomo en tejidos los 29 días de tratamiento



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



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : ANA FLAVIA RÍOS RODRIGUEZ
PROCEDENCIA : LIMA/ CANTA
MUESTRA : TEJIDOS VEGETALES
REFERENCIA : H.R. 58867
BOLETA : 389
FECHA : 26/05/2017

N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	Pb ppm
3790	R1 - Geranio tallo	N.D.
3791	R1 - Geranio raíz	1.49
3792	R1 - Rye Grass hojas	1.86
3793	R1 - Rye Grass raíz	9.64
3794	R1 - Malva	3.70

N.D.: No detectable.



Dr. Sady García Bendezu
Jefe de Laboratorio

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

Concentración del Plomo en tejidos los 48 días de tratamiento



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



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : ANA FLAVIA RÍOS RODRÍGUEZ
PROCEDENCIA : LIMA/ CANTA
MUESTRA : TEJIDOS VEGETALES
REFERENCIA : H.R. 58769
BOLETA : 371
FECHA : 05/06/17

N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	Pb ppm
3735	R2 - Malva raíz	45.47
3736	R2 - Geranio raíz	125.00
3737	R2 - Geranio Tallo	65.79
3738	R2 - Rye Grass (raíz)	350.12
3739	R2 - Rye Grass (hoja)	36.73

N.D.: No detectable.



Dr. Saúl García Bendezi
Jefe de Laboratorio

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

Concentración del Plomo en tejidos los 70 días de tratamiento



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



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : ANA FLAVIA RÍOS RODRÍGUEZ
PROCEDENCIA : LIMA/ CANTA/ HUAMANTANGA
MUESTRA : TEJIDOS VEGETALES (MALVA)
REFERENCIA : H.R. 58626
BOLETA : 328
FECHA : 12/06/2017

N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	Pb ppm
3464	Raiz 30	302.42



Sady García Bendezú
Jefe de Laboratorio

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



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



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : ANA FLAVIA RÍOS RODRIGUEZ
PROCEDENCIA : LIMA/ CANTA/ HUAMANTANGA
MUESTRA : TEJIDOS VEGETALES (GERANIO)
REFERENCIA : H.R. 58625
FACTURA : 328
FECHA : 12/06/2017

N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	Pb ppm
3462	Raiz 30	73.30
3463	Tallos 30	472.50


Dr. Sally García Bendezu
Jefa de Laboratorio



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



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : ANA FLAVIA RÍOS RODRÍGUEZ
PROCEDENCIA : LIMA/ CANTA/ HUAMANTANGA
MUESTRA : TEJIDOS VEGETALES (R y GRASS)
REFERENCIA : H.R. 58627
BOLETA : 328
FECHA : 12/06/2017

N. Lab	CLAVE DE CAMPO	Pb ppm
3465	Hojas 30	39.02
3466	Raiz 30	574.26


Sady Garcia Bendezi
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5822
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Anexo 5: Datos generales

GERANIO	TRATAMIENTO	ANTES DE LA FITORREMEDIACIÓN	DURANTE LA FITORREMEDIACIÓN	ABSORCIÓN	pH	CE	CIC	CRECIMIENTO
R1	GERANIO	402,8	159,93	1,49	7,80	1520,00	24,32	3,15
R2	GERANIO	402,8	108,73	109,79	7,69	1570,00	24,32	5,85
R3	GERANIO	402,8	105,79	545,80	7,00	2090,78	24,32	9,45

MALVA	TRATAMIENTO	ANTES DE LA FITORREMEDIACIÓN	DURANTE LA FITORREMEDIACIÓN	ABSORCIÓN	pH	CE	CIC	CRECIMIENTO
R1	MALVA	402.8	138,57	3,70	7,7	1870	24,32	4,25
R2	MALVA	402.8	117,32	45,47	7,73	2610	24,32	7,55
R3	MALVA	402.8	115,20	302,42	7,80	3200	24,32	8,8

RYE GRASS	TRATAMIENTO	ANTES DE LA FITORREMEDIACIÓN	DURANTE LA FITORREMEDIACIÓN	ABSORCIÓN	pH	CE	CIC	CRECIMIENTO
R1	RYE GRASS	402,8	138,57	11,5	7,80	1300	24,32	13,55
R2	RYE GRASS	402,8	104,73	386,85	7,80	1331	24,32	16,45
R3	RYE GRASS	402,8	59,06	613,26	7,73	1394	24,32	18,7

Anexo 6: Matriz de CONSISTENCIA

TIPO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN					
GENERAL	¿Cuál es la eficiencia fitorremediadora de las especies Ryegrass (<i>Lolium perenne</i>), Geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>) y Malva (<i>Fuertesimalva echinata</i>) en la reducción de la concentración de plomo del suelo agrícola del distrito de Huamantanga?	Comparar las eficiencias fitorremediadoras de las especies Ryegrass (<i>Lolium perenne</i>), Geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>) y Malva (<i>Fuertesimalva echinata</i>) en la reducción de la concentración de plomo del suelo agrícola del distrito de Huamantanga.	La eficiencia de la fitorremediación de las especies Ryegrass (<i>Lolium perenne</i>), Geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>) y Malva (<i>Fuertesimalva echinata</i>) son distintas.	INDEPENDIENTE	La eficiencia fitorremediadora es la capacidad para reducir concentraciones de plomo presentes en el suelo y tolerancia de las especies Ryegrass (<i>Lolium perenne</i>), Geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>) y Malva (<i>Fuertesimalva echinata</i>) en suelos con plomo.	La eficiencia fitorremediadora es la capacidad de las especies Ryegrass (<i>Lolium perenne</i>), Geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>) y Malva (<i>Fuertesimalva echinata</i>) para reducir plomo. Para ellos se realizaron análisis de plomo el día 0, 29, 49 y 70, así también se determinó el desarrollo fenológico de las especies, las concentraciones de plomo en los tejidos vegetales, así como la evaluación de los parámetros fisicoquímicos del suelo.	Desarrollo fenológico (especies)	• Crecimiento	cm					
							Niveles de Absorción y/o retención	• Acumulación de Plomo (partes áreas, partes radicales).	mg de plomo kg-1 MS					
							Porcentaje de reducción de plomo	%= $C_i - C_f * 100 / C_i$	%					
							Parámetros Físicoquímicos	• C inicial – C final.	mg kg-1					
								Conductividad Eléctrica (CE)	µS/cm					
Capacidad de Intercambio catiónico (CIC)	meq/100 gr													
ESPECIFICO	¿Cuál es la cuantificación de los niveles de absorción y adsorción de plomo de las especies Ryegrass (<i>Lolium perenne</i>), Geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>) y Malva (<i>Fuertesimalva echinata</i>) del suelo agrícola del distrito de Huamantanga?	Cuantificar los niveles de absorción y adsorción n del plomo de las especies Ryegrass (<i>Lolium perenne</i>), Geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>) y Malva (<i>Fuertesimalva echinata</i>) del suelo agrícola del distrito de Huamantanga.	Al menos una de las especies Ryegrass (<i>Lolium perenne</i>), Geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>) y Malva (<i>Fuertesimalva echinata</i>) logran absorción y adsorción plomo del suelo agrícola del distrito de Huamantanga.	DEPENDIENTE	Concentración de plomo en el suelo agrícola del distrito de Huamantanga	Cantidad de plomo presente en el suelo, el cual puede presentar o no altas concentraciones alterado las condiciones del medio donde se presente..	La determinación de las concentraciones del plomo se realizó antes y durante la fitorremediación, se evaluó la concentración en el día 0, 28, 49 y 70 a través de los cuales se determinará la reducción de plomo	Concentración de plomo en el suelo.	• Cantidad de plomo inicial del suelo (mg).	mg kg-1				
									Concentración de plomo en el suelo.	• Cantidad de plomo final en el suelo (mg).	mg kg-1			
¿Cuál es la variación del desarrollo fenológico de la especie Ryegrass (<i>Lolium perenne</i>), al emplearse en la técnica de fitorremediación en la reducción de concentración de plomo del suelo agrícola del distrito de Huamantanga?	Determinar la variación en el desarrollo fenológico de la especie Ryegrass (<i>Lolium perenne</i>), al emplearse en la técnica de fitorremediación en la reducción de concentración de plomo del suelo agrícola del Distrito de Huamantanga.	El desarrollo fenológico de la especie Ryegrass (<i>Lolium perenne</i>), varía según la concentración de plomo presente en el suelo												
¿Cuál es la variación del desarrollo fenológico de las especies Geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>), al emplearse en la técnica de fitorremediación en la reducción de concentración de plomo del suelo agrícola del distrito de Huamantanga?	Determinar la variación en el desarrollo fenológico de la especie Geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>), al emplearse en la técnica de fitorremediación en la reducción de concentración de plomo del suelo agrícola del Distrito de Huamantanga	El desarrollo fenológico de la especie Geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>), varía según la concentración de plomo presente en el suelo.												
¿Cuál es la variación del desarrollo fenológico de la especie malva (<i>Fuertesimalva echinata</i>), al emplearse en la técnica de fitorremediación en la reducción de concentración de plomo del suelo agrícola del distrito de Huamantanga?	Determinar la variación en el desarrollo fenológico de la especie malva (<i>Fuertesimalva echinata</i>), al emplearse en la técnica de fitorremediación en la reducción de concentración de plomo del suelo agrícola del Distrito de Huamantanga.	El desarrollo fenológico de la especie malva (<i>Fuertesimalva echinata</i>), varía según la concentración de plomo presente en el suelo.												

