

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON
PLOMO UTILIZANDO RAY – GRASS HÍBRIDO (*Lolium
hybridum Hausskn*) UTILIZANDO HUMUS COMERCIAL Y
COMPOST EN EL DISTRITO DE VIQUES – PROVINCIA DE
HUANCAYO – DEPARTAMENTO DE JUNÍN**

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

FRANK MARCO ANCCO SOTOMAYOR

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

HUANCAYO-PERÚ

2018

**FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON PLOMO
UTILIZANDO RAY – GRASS HÍBRIDO (*Lolium hybridum* Hauskn)
UTILIZANDO HUMUS COMERCIAL Y COMPOST EN EL DISTRITO
DE VIQUES – PROVINCIA DE HUANCAYO – DEPARTAMENTO DE
JUNÍN**

DEDICATORIA:

Dedico esta tesis a Dios por la fortaleza diaria, a mis padres Modesto Ancco, y Emilia Sotomayor, por su apoyo incondicional en el crecimiento de mi vida profesional, a mi esposa Kelly Torres por ser la pieza perfecta en mi vida y a mis dos hijas motor de mis días, Cielo Ancco Torres y Estrella Ancco Torres.

AGRADECIMIENTOS:

Agradezco a mis padres, por creer en mí, a mi esposa y a mis hijas y a todas las personas que estuvieron presentes para desarrollar la presente investigación, ya que, sin ellos, sin sus impulsos no hubiera logrado mi objetivo.

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTOS	3
INDICE DE CONTENIDOS	4
GLOSARIO DE ABREVIATURAS.....	10
INDICE DE TABLAS.....	11
INDICE DE GRAFICOS.....	12
INDICE DE FIGURAS... ..	12
INDICE DE ANEXOS.....	12
RESUMÉN	13
ABSTRAC	14
INTRODUCCIÓN	15
CAPITULO I.....	17
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
1.1. Caracterización de la realidad problemática	17
1.2. Formulación del problema.....	19
1.2.1. Problema general	19
1.2.2. Problemas específicos	19
1.3. Objetivo de la Investigación	20
1.3.1. Objetivo general	20

1.3.2.	Objetivos específicos.....	20
1.4.	Justificación de la investigación	21
1.5.	.Importancia de la investigación	21
1.6.	Delimitaciones de la investigación	22
1.6.1.	Delimitación temporal	22
1.6.2.	Delimitación espacial.....	22
CAPITULO II.....		23
2.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS	23
2.1.	Marco Referencial.....	23
2.1.1.	Antecedentes de la investigación	23
2.2.	Marco legal	27
2.2.1.	Constitución Política del Perú	27
2.2.2.	Ley	27
2.2.3.	Decreto Supremo	28
2.3.	Marco conceptual	28
2.3.1.	Fitorremediación	28
2.3.2.	Fitoextracción.....	28
2.3.3.	Suelos contaminados.....	29
2.3.5.	Contaminación	29
2.4.	Marco teórico.....	30
2.4.1.	La contaminación ambiental.....	30
2.4.2.	Origen de la contaminación.....	30
2.4.3.	Causas de la contaminación	31
2.4.4.	La Contaminación intradomiciliaria por humos	31
2.4.5.	La degradación	31
2.4.6.	Contaminación biológica	32

2.4.7.	Contaminación física.....	32
2.4.8.	Contaminación química.....	33
2.4.9.	La Contaminación ambiental en el Perú.....	33
2.4.10.	El Problema de la contaminación de Suelos en el Perú ..	33
2.4.11	La Contaminación de suelos	34
2.4.12	Efectos de los Contaminantes en el suelo	34
2.4.13	Metales pesados como contaminantes ambientales.....	35
2.4.14	Efectos de los metales pesados en la salud humana	35
2.4.15	El Plomo	36
2.4.16	Los efectos del Plomo en la salud humana	36
2.4.17	La biorremediación	37
2.4.18	La fitorremediación.....	38
2.4.19	Mecanismos de fitorremediación	38
2.4.20	El compost.....	39
2.4.21	Los biofertilizantes.....	40
CAPITULO III.....		42
3.	PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	42
3.1.	Metodología	42
3.1.1.	Método	42
3.1.1.1	Ubicación Geográfica.....	42
3.1.1.2	Diagrama de flujo.....	44
3.1.1.3	Profundidad del suelo.....	45
3.1.1.4	Enmienda del suelo con compost y biofertilizantes.....	45
3.1.1.5	Análisis de muestras.....	46
3.1.2.	Tipo de investigación	46
3.1.3.	Nivel de la investigación.....	46
3.2.	Diseño de la investigación.....	46

3.2.1.	Modelo aditivo	46
3.3.	Hipótesis de la investigación	47
3.3.1.	Hipótesis general.....	47
3.3.2.	Hipótesis específica.....	47
3.4.	Variables	48
3.4.1.	Variable independiente	48
3.4.2.	Variable dependiente.....	48
3.5.	Cobertura del estudio.....	48
3.5.1.	Población.....	48
3.5.2.	Muestra	48
3.5.3.	Muestreo	48
3.6.	Técnicas e instrumentos	49
3.6.1.	Técnicas de investigación.....	49
3.6.2.	Instrumentos de investigación	49
3.7.	Procesamiento estadístico de la información.....	49

CAPITULO IV 50

4.	ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS.....	50
4.1.	Resultados	50
4.1.1.	Caracterización fisicoquímica del suelo.....	50
4.1.2.	Concentración de Pb en las Parcelas antes de la Fitorremediación con Ray-Grass Híbrido (<i>Lolium hybridum</i> Hausskn).....	51
4.1.3.	Concentración de Pb del suelo después de los Tratamientos del suelo con biofertilizantes comercial y compos	51
4.1.4.	Porcentaje de Eficiencia de remoción del Ray- Gras Híbrido (<i>Lolium Hybridum Hausskn</i>).....	52

4.1.5.	Acumulación De Plomo En La Parte Aérea Del Ray-Grass Híbrido (<i>Lolium hybridum Hausskn</i>).....	52
4.1.6.	Acumulación De Plomo En La Raíz Del Ray-Grass Híbrido (<i>Lolium hybridum Hausskn</i>)	53
4.1.7.	Factor De Bioconcentración De La Parte Aérea Del Ray-Grass Híbrido (<i>Lolium hybridum Hausskn</i>)	53
4.1.8.	Factor De Bioconcentración De La Raíz Del <i>Ray-Grass Híbrido</i> (<i>Lolium hybridum Hausskn</i>)	54
4.1.9.	Factor De Traslocación Del Ray-Grass Híbrido (<i>Lolium hybridum Hausskn</i>)	54
4.1.10.	Crecimiento De La Parte Aérea	55
4.1.11.	Crecimiento De La Raíz	55
4.2.	Discusión de resultados	56
4.2.1.	De La Caracterización Del Suelo	56
4.2.2.	Medias De Concentración De Plomo De Los Suelos Antes De La Fitoextracción Con Ray Gras Híbrido.....	56
4.2.3.	Medias De Concentración De Plomo Después De La Fitoextracción Con Ray Gras Híbrido.....	57
4.2.4.	Eficiencia De Extracción Del Ray Gras Híbrido	58
4.2.5.	Comparación Del Plomo Acumulado En La Planta	59
4.2.6.	Comparaciones De Los Factores De Bioconcentración De La Parte Aérea Y De La Raíz Del Ray Gras Híbrido	60
4.2.7.	Factor De Traslocación	61
4.2.8.	Comparación Del Desarrollo De La Parte Aérea Y Raíz Del Ray Gras Híbrido	62
4.3.	Contrastación Estadística de las Hipótesis.....	63
4.3.1.	Para la Eficiencia de Remoción del Ray Gras.....	63
4.3.1.1	Probabilidad normal.....	64
4.3.1.2	ANOVA para la eficiencia de remoción.....	65
4.3.1.3	Análisis de factores.....	65

4.3.1.4 Comparación múltiple de intervalos.....	66
4.3.1.5 comparación múltiple Fisher-Tukey.....	67
CONCLUSIONES.....	69
RECOMENDACIONES.....	70
BIBIOGRAFIA.....	71
ANEXOS.....	76

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

%FR

Porcentaje de Fitoreducción

PEA

Población Económicamente Activa

CE

Conductividad Eléctrica

Pb

PB pigmentos biliares

FT

Factor de Translocación

FBC

Factor de Bioconcentración

RTTE

Resistente

CIC

Capacidad de Intercambio Catiónico

CD

arteria coronaria derecha

ECA

Estándar de Calidad Ambiental

FBC (BC)

Factor de Bioconcentración

FDA

Food and Drug Administration

FT (TF)

Factor de Translocación

MS

Masa Seca

NTA

Ácido nitroloene triacético

OMS

Organización Mundial de la Salud

INDICE DE TABLAS

Tabla N°1	Diseño de la investigación.....	46
Tabla N°2	Caracterización fisicoquímica del suelo de viques.....	50
Tabla N°3	ppm de plomo en las parcelas antes de los tratamientos.....	51
Tabla N°4	ppm de plomo en las parcelas después de la fitorremediación....	51
Tabla N°5	Eficiencia de remoción del Ray- Gras Hibrido.....	52
Tabla N°6	ppm de plomo en la parte aérea del Ray –Gras Hibrido.....	52
Tabla N°7	ppm de plomo en la raíz del Ray –Gras Hibrido.....	53
Tabla N°8	FBC de la parte aérea del Ray–Gras Hibrido.....	53
Tabla N°9	Cuadro VIII: FBC de la raíz del Ray–Gras Hibrido.....	54
Tabla N°10	FT del Ray–Gras Hibrido para cada parcela tratada. . .	54
Tabla N°11	Crecimiento De La Parte Aérea.....	55
Tabla N°12	Crecimiento De La Raíz.....	55
Tabla N°13	Eficiencia de Remoción del Ray Gras.....	63
Tabla N°14	Análisis de Varianza.....	65
Tabla N°15	Comparaciones múltiples de Fisher con la prueba testigo.....	67
Tabla N°16	Pruebas Simultáneas De Tukey	67

INDICE DE GRÁFICOS

Grafico N°1	Comparación de Medias de Pb (Ppm) de los Suelos Antes de la Fitoextracción con Ray Gras Hibrido	56
Grafico N°2	Comparación De Medias De Pb (Ppm) De Los Suelos Después de la Fitoextracción Con Ray Gras Hibrido	57
Grafico N°3	Comparación De Medias De La Eficiencia De Remoción De Pb Ppm) Con Ray Gras Hibrido.....	58
Grafico N°4	Acumulación de Plomo (Ppm) en el Ray Gras Hibrido.....	59
Grafico N°5	Factores De Bioconcentración Del Ray Gras Híbrido.....	60
Grafico N°6	Factor De Translocación Del Ray Gras Para Los Diversos Tratamientos.....	61
Grafico N°7	Comparación Del Crecimiento De La Parte Aérea Y Raíz Del Ray Gras Hibrido	62
Grafico N°8	Probabilidad del % de eficiencia de remoción de Pb.....	64
Grafico N°9	Efectos Principales Para El %De Eficiencia De Remoción De Pb.....	65
Grafico N°10	Intervalos Del % Eficiencia de Remoción de Pb para la Media.....	66
Grafico N°11	tratamientos con compost y biofertilizante comercial en Comparación con el testigo	68

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 Mecanismos de fitorremediación.....	38
Figura N°2 Localización de las parcelas	43
Figura N° 3 Flujograma Experimental.....	44

ANEXOS

ANEXO 1:FOTOS

Foto N° 1:Parcelas de Ray Grass Hibrido.....	77
Foto N°2: Ray Gras Hibrido de 2 meses con los tratamientos.....	77
Foto 3: Parcelas de Ray Grass Hibrido después de tres meses.....	78
Foto 4: Parcelas de Ray Grass Hibrido después de tres meses.....	78
Foto 5 :Preparación de las Muestras.....	79
ANEXO 2: Análisis de suelos.....	80
ANEXO 3 : ECA del suelo.....	82

RESUMÉN

El exceso de las actividades mineras en la región Junín del Perú han contaminado los sistemas naturales del país, especialmente el suelo. El uso de plantas es una de las estrategias para la remediación de suelos contaminados con metales pesados. Sin embargo, son pocos los estudios sobre fitorremediación in situ aplicando enmiendas que ayuden a este proceso. El objetivo principal de este estudio fue evaluar la eficiencia de remoción y la capacidad extractora del Plomo (Pb) del Ray Grass Híbrido (*Lolium hybridum* Hausskn), al adicionar dos biofertilizantes comerciales en suelos contaminados con plomo en el distrito de Viques. Se realizaron 2 tratamientos y un testigo; uno sembrado solo con la especie, y los otros dos sembrados con la especie más sus enmiendas de compost y fertilizante comercial en parcelas del distrito (con tres repeticiones por tratamiento). Después de 3 meses de sembradas las plantas y de haberlas regado, se midió la eficiencia de remoción del plomo del ray Gras en las parcelas estudiadas ($4\text{ m}^2\text{ c/u}$), obteniéndose un mayor porcentaje de remoción de plomo con el tratamiento del biofertilizante comercial (69.88%), fitorremediando las parcelas trabajadas con la enmienda ya que bajan el promedio de plomo inicial por debajo del ECA (57.57 ppm). Los resultados de la investigación referente a la concentración de Pb en la parte aérea y la raíz, muestran que los biofertilizantes usados influenciaron en una mayor acumulación de pb en la raíz del ray Gras Híbrido con compost y fertilizante comercial (116.70 y 124.95 mg Pb/kg respectivamente) y con respecto a la determinación del factor de traslocación se observa que para todos los tratamientos, incluido el testigo se presentan bajos factores de translocación (0.06-0.08), lo que demuestra que el ray gras híbrido es una especie que tiene un alto potencial de fitoestabilización en los suelos contaminados con plomo del distrito de Viques ya que la tolerancia se restringe al suelo-raíz.

ABSTRACT

The excess of mining activities in the Junín region of Peru have contaminated the natural systems of the country, especially the soil. The use of plants is one of the strategies for the remediation of soils contaminated with heavy metals. However, there are few studies on phytoremediation in situ applying amendments that help this process. The main objective of this study was to evaluate the removal efficiency and the extraction capacity of the Lead (Pb) of the Hybrid Grass Ray (*Lolium hybridum* Hausskn), by adding two commercial biofertilizers in soils contaminated with lead in the district of Viques. Two treatments and one control were performed; one planted only with the species, and the other two planted with the species plus their amendments of compost and commercial fertilizer in parcels of the district (with three repetitions per treatment). After 2 months of sowing the plants and having irrigated them, the removal efficiency of the ray Gras lead was measured in the plots studied (4 m ² c / u), obtaining a greater percentage of lead removal with the treatment of the commercial biofertilizer (69.88%), phytoremediating the plots worked with the amendment since they lower the average initial lead below the ECA (57.57 ppm). The results of the investigation regarding the concentration of Pb in the aerial part and the root, show that the biofertilizers used influenced in a greater accumulation of bp in the root of the ray Gras Hybrid with compost and commercial fertilizer (116.70 and 124.95 mg Pb / kg respectively) and with respect to the determination of the translocation factor it is observed that for all treatments, including the control, low translocation factors (0.06-0.08) are present, which shows that the hybrid ray is a species that has a high potential for phytostabilization in soil contaminated with lead from the district of Viques since tolerance is restricted to soil-root.

INTRODUCCION

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

Los metales pesados en el ambiente pueden ser de origen geogénico o antropogénico. Los metales de origen geogénico proceden de la roca madre, de actividad volcánica, o de lixiviación de mineralizaciones. Los metales pesados antropogénicos derivan de residuos peligrosos, procedentes de actividades industriales, minería e industria agrícola, y residuos sólidos urbanos (RSU). Las actividades mencionadas permiten la acumulación de estos elementos en suelos agrícolas, recursos hídricos, aire y por consiguiente su inclusión en la cadena alimenticia lo cual genera perjuicios en la salud humana y demás seres vivos. La contaminación por metales pesados en suelos viene dada no solo por su concentración total, sino esencialmente por su disponibilidad (Ali. Et al., 2013). 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). Uno de los metales pesados, el cual ha preocupado su uso en actividades industriales y su acumulación y toxicidad en el suelo es el Plomo debido a sus efectos perjudiciales en el medio ambiente y la salud humana por ejemplo el arseniato de plomo es usado como un insecticida el cual contamina directamente al suelo, el plomo es usado para la fabricación de pinturas, en la gasolina, fabricación de explosivos, y se encuentra en los lodos de las aguas residuales y

en suelos agrícolas cercanos a industrias, así como en muchos sitios alrededor del mundo son contaminados por este elemento (Danza et al., 2010).

Esta investigación experimental en campo (parcelas del distrito de Viques) nos proporciona información acerca de la eficiencia de remoción de plomo y revisa profundamente la tecnología de fitorremediación del Ray Gras Híbrido ayudado con tratamiento de compost y fertilizante comercial. También revisa profundamente acerca de la tecnología de la fitorremediación, incluyendo los mecanismos del factor de traslocación y bioconcentración.

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Caracterización de la realidad problemática.

El suelo es alterado como resultado de las actividades mineras. Los suelos que quedan tras una explotación minera contienen todo tipo de materiales residuales, escombros estériles, entre otros, lo que representa graves problemas para el desarrollo de la cubierta vegetal, siendo sus características más notables las siguientes: clase textural desequilibrada, ausencia o baja presencia de la estructura edáfica, propiedades químicas anómalas, disminución o desequilibrio en el contenido de nutrientes fundamentales, ruptura de los ciclos biogeoquímicos, baja profundidad efectiva, dificultad de enraizamiento, baja capacidad de cambio, baja retención de agua y presencia de compuestos tóxicos (García & Dorronsoro, 2002).

Los metales tienden a acumularse en la superficie del suelo quedando

accesibles al consumo de las raíces de los cultivos (Baird, 1999). Las plantas cultivadas en suelos contaminados absorben en general más oligoelementos y la concentración de éstos en los tejidos vegetales está a menudo directamente relacionada con su abundancia en los suelos, y especialmente en la solución húmeda (Kabata-Pendias & Pendias, 2001) Gulson et al. (1996) mencionan que excesivas concentraciones de metales en el suelo podrían impactar la calidad de los alimentos, la seguridad de la producción de cultivos y la salud del medio ambiente, ya que estos se mueven a través de la cadena alimenticia vía consumo de plantas por animales y estos a su vez por humanos.

El plomo es un metal pesado no esencial, tiene la capacidad de bioacumularse es por ello que su concentración en plantas y animales se magnifica a lo largo de la cadena alimenticia por no tener la capacidad de biodegradarse (Yulieth. Et al., 2016). El plomo es muy usado en la industria como es en la fabricación de pigmentos, recipientes, pilas eléctricas, munición de armas, dinamita, plomo laminado, soldaduras, ciertos tipos de metal, producción de pinturas (Yulieth. Et al., 2016). Hoy en día debido a la magnitud de exposiciones a este metal se potenciaron los efectos en la salud humana, ya no son intoxicaciones, ahora son problemas de salud con enfermedades graves como alteraciones orales como el Ribete de Burton, manifestaciones gastrointestinales, alteraciones hematológicas (anemia microcítica-hipocrómica), parálisis motoras, encefalopatía, alteraciones renales, nefropatías y daños sobre el SNC y SNP y cólicos saturninos (Azcona, et al., 2015).

El plomo depositado en el suelo presenta un alto peligro, puesto que la distribución química del plomo depende del pH, de la mineralogía, del contenido en materia orgánica así como de la naturaleza de los compuestos de plomo. Por lo tanto, el empleo de técnicas de extracción química puede considerarse una herramienta adecuada para evaluar el peligro potencial de contaminación por este metal.

Según los estudios reportados por el Proyecto el Mantaro Revive (2008), los suelos agrícolas de la cuenca del río Mantaro están contaminados con metales pesados, destacando entre ellos el Pb, llegando este a concentraciones de hasta 8154 mg Pb/Kg en tierras agrícolas de la Oroya

Antigua, este valor sobrepasa ampliamente los Estándares de Calidad Ambiental en suelos agrícolas (70 mg Pb/Kg). Es por ello la necesidad de estudiar tecnologías que permitan la eliminación de este metal pesado de los suelos agrícolas sobresaturados con Pb.

En el distrito de Viquez de la provincia de Huancayo se ha detectado y reportado una alta contaminación con plomo (Proyecto Mantaro revive) en sus suelos agrícolas. La potencial contaminación con dicho metal pesado de los suelos del distrito representa un gran riesgo para la actividad agrícola y ganadera. Es por ello la necesidad de estudiar tecnologías que permitan la eliminación de este metal pesado de sus suelos saturados con Pb, siendo una alternativa la fitorremediación usando **Ray-Grass Híbrido (*Lolium hybridum Hausskn*)** potenciado con humus comercial y compost para mejorar el proceso, debido a que estos biofertilizantes proveen al suelo de nutrientes necesitados para un mayor rendimiento de la planta y biodisponibilidad del metal.

12. Formulación del problema

12.1. Problema general

¿Cuál será la influencia de los biofertilizantes comercial y compost en la fitorremediación de suelos contaminados con plomo en el distrito de Viques usando Ray Grass Híbrido (*Lolium hybridum Hausskn*)?

12.2. Problemas específicos

- ¿Cuál será la caracterización fisicoquímica del suelo del distrito de Viques?
- ¿Cuál será la influencia de los biofertilizantes comercial y compost sobre la concentración de plomo en las raíces y parte aérea del Ray Grass Híbrido?

- ¿Cuál será la influencia de los biofertilizantes comercial y compost sobre la longitud de la parte aérea y raíces del Ray Grass Híbrido?
- ¿Cuáles serán los coeficientes de bioconcentración y traslocación de plomo de la parte aérea del Ray Grass Híbrido (*Lolium hybridum* Hausskn)?
- ¿Cuál será el mejor biofertilizante que potencia la capacidad fitorremediadora del Ray Grass Híbrido (*Lolium hybridum* Hausskn) en los suelos agrícolas del distrito de Viques?

13. Objetivo de la investigación

13.1. Objetivo principal

Evaluar la influencia de los biofertilizantes comercial y compost en la fitorremediación de suelos contaminados con plomo en el distrito de Viques usando Ray Grass Híbrido (*Lolium hybridum* Hausskn).

13.2. Objetivo específico

- Determinar las características fisicoquímicas del suelo del distrito de Viques.
- Determinar la influencia del uso de los biofertilizantes comercial y compost sobre la concentración de plomo en las raíces y parte aérea del Ray Grass Híbrido.
- Determinar la influencia del uso de los biofertilizantes comercial y compost sobre la longitud de la parte aérea y raíces del Ray Grass Híbrido.
- Evaluar los coeficientes de bioconcentración y translocación del plomo del Ray Grass Híbrido.
- Determinar el mejor biofertilizante que potencia la capacidad fitorremediadora del Ray Grass Híbrido (*Lolium hybridum* Hausskn) en los suelos agrícolas del distrito de Viques

14. Justificación de la investigación

En el distrito de Viques de la provincia de Huancayo del departamento de Junín se han evidenciado altas concentraciones de plomo en el suelo agrícola, donde se encontró 189.94 mg/kg de plomo superando el Estándar de Calidad Ambiental para suelo agrícola que es de 70 mg/kg, el distrito es una zona netamente agrícola y agroecológica especialmente con cultivos de maíz lo que estaría repercutiendo en la salud de los pobladores mediante la ingesta del plomo absorbido por la planta.

Una opción que permite mitigar la contaminación en suelos por metales pesados es la fitorremediación la cual es una estrategia dentro de la biorremediación que se enfoca en el uso de especies vegetales y la capacidad de ellas de absorber, acumular y tolerar altas concentraciones de sustancias contaminantes. Por medio del sistema de interacción suelo-planta se busca extraer el elemento Plomo u otro metal determinando para disminuir su contenido en este tipo de suelos, buscando minimizar el impacto causado por este mineral y por tanto el riesgo que genera a esta población y a su producción agrícola (Greisson. Et al, 2011). Es debido a lo explicado en el presente trabajo se busca minimizar los metales pesados contenidos en suelos a través de la fitoextracción, aplicando una especie estabilizadora como el **Ray-grass híbrido (*Lolium hybridum* Hausskn).**

15. Importancia de la investigación

La importancia de la investigación radica en plantear una alternativa de recuperación de suelos contaminados con plomo, los cuales son una fuente de producción agrícola, ganadera; sin embargo su producción se ve afectada debido a que elementos como los metales pesados y con un potencial de peligrosidad se introducen en el suelo y hacen que disminuya la calidad de los productos generados o las actividades económicas desarrolladas en la zona.

1.6. Delimitación de la investigación

1.6.1. Delimitación temporal

- El experimento se llevó a cabo en un período de tres meses.

1.6.2. Delimitación espacial

- El experimento se llevó a cabo en parcelas delimitadas de $4m^2$ en el distrito de Viques, Provincia de Huancayo, Departamento de Junín.

CAPITULO II

2. FUNDAMENTOS TEORICOS

21. Marco referencial

2.1.1. Antecedentes de la investigación

LANDEROS- MÁRQUEZ Y COLABORADORES, *realizaron una investigación sobre el uso de HUIZACHE (Acacia farnesiana L. Will) EN LA FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON PLOMO* el cual lo llevaron a cabo *ex situ* para evaluar la tasa de Fitoextracción de plomo en Acacia farnesiana L. Will. Se utilizaron árboles jóvenes (n=48), colocados en macetas plásticas, en donde se agregó una combinación de tres concentraciones de plomo (0,250 y 500 mg·kg⁻¹) en forma de Fosfo-Nitrato (33-03-00). Se evaluó la tasa fotosintética y la concentración de plomo en raíz, tallo y hoja. Las dosis de nitrógeno y las concentraciones de plomo por separado no

produjeron diferencias significativas en la tasa fotosintética de las plantas de huizache, pero la interacción entre esos dos factores fue estadísticamente significativa ($P=0.0074$), encontrándose que la mayor acumulación de plomo ocurrió en la parte aérea de la planta con una media de $352.34 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Souhila et al. (2016) estudiaron la fitorremediación de suelos contaminados con Zn usando mostacilla (*Brassica rape*) llegaron a la conclusión que el aumento de las concentraciones de Zn en el suelo estimula la fitorremediación es decir la acumulación de este elemento en las plantas. La fitorremediación es el proceso que utiliza las plantas para extraer, secuestrar o desintoxicar contaminantes en suelos. Esta acumulación produce un crecimiento favorable de los parámetros de Canola (por ejemplo, el número de hojas). El Índice de Tolerancia (TI) calculado después de 3 meses de experimento (12 semanas), para todas las concentraciones de Zn, es superior a 1. Esto confirma que la canola es una planta hiperacumuladora de Zn. Por lo tanto, la canola es una buena opción para la descontaminación del suelo de Zn. A concentraciones medias a altas de Zn en el suelo, la planta desarrolla un sistema de raíz denso y bien ramificado. Observaron que a concentraciones de 400 mg kg^{-1} y 500 mg kg^{-1} , el sistema radicular de canola fue más denso comparando a la observada en otras concentraciones. Algunas plantas suelen tener sistemas de limpieza y respuestas a diversas tensiones la contaminación del suelo por Zinc es un estrés metálico que la canola es capaz de evitar, lo que explica los resultados. La canola puede soportar las concentraciones altas de Zinc sin ser afectados. Sin embargo, el exceso de Zn puede tener efectos negativos sobre las plantas como retrasar o disminuir el crecimiento y el desarrollo radicular, causando clorosis foliar, de acuerdo con los resultados obtenidos en ese estudio, puede deducirse que el Zinc se acumuló en las hojas, ya que a concentraciones elevadas de Zn, que corresponden a 500 mg kg^{-1} .

Bech et al. (2016) Realizaron un estudio de las plantas bioacumuladoras de metales pesados en la mina Carolina en Cajamarca Perú, todas las especies en estudio tuvieron la habilidad de transportar elementos peligrosos desde el suelo hasta sus raíces y plantas el metal que mayor se concentró fue el plomo, la especie *Hapalotricha, repens denticulatum* fueron las que acumularon mayores concentraciones de plomo.

Cheng et al, (2015) realizaron estudios de fitorremediación de plomo usando el maíz, la concentración inicial de plomo en el suelo fue 6000 mg/Kg, la especie de maíz que estudiaron fue altamente tolerante al plomo contenido en el suelo, ya que el crecimiento ni la producción de la biomasa fue afectada. Encontraron mayores concentraciones de plomo en las raíces de las plantas, seguidas por las hojas y los frutos.

Chang et al. (2013) estudiaron la influencia de la adición de fertilizantes nitrogenados, la fertilización estimula la acumulación de cadmio en la raíces de la planta en estudio (*Pentas Laceolata*). La adición de fertilizantes nitrogenados incrementa en coeficiente de bioconcentración a un valor mayor a uno, lo que indica que esta planta sería un hiperacumulador, el tratamiento con fertilizantes nitrogenados favorece la fitorremediación del cadmio en suelos. Así mismo observaron que no hubo efectos adversos evidentes del tratamiento con Cd de los brotes y posterior floración en la planta lo que favorece su uso como conservador del paisaje.

Brunetti et al. (2011) Estudiaron la fitoextracción de Cr, Cu, Pb y Zn por *Brassica napus* en suelos contaminados en la región de Apulia, en el sur de Italia en campo e invernaderos, la especie muestra alta acumulación y tolerancia de Cr, Cu, Pb y Zn. En condiciones de invernadero se encontró que la acumulación de metales era mayor en los brotes que en las raíces, lo cual es el comportamiento típico de las especies acumuladoras. En el experimento de campo, la *B. napus* no consiguió la misma cantidad de metales acumulados

alcanzados bajo condiciones de invernadero, la acumulación de metales estudiados en las partes de las plantas fue relativamente baja, las raíces acumuladas más que los brotes que muestran los mecanismos de tolerancia que permite a la *B. napus* hacer frente a la alta concentración de metales en el suelo.

Landeros et al., (2011) Este estudio se llevó a cabo ex situ para evaluar la tasa de fitoextracción de plomo en *Acacia Farnesiana*. Se utilizaron árboles jóvenes (n=48), colocados en macetas plásticas, en donde se agregó una combinación de tres concentraciones de plomo (0, 250 y 500 mg·kg⁻¹) en forma de Pb (NO₃)₂ y cuatro dosis de nitrógeno (0, 100, 300 y 500 mg·kg⁻¹) en forma de Fosfo-Nitrato (33-03-00). Se evaluó la tasa fotosintética y la concentración de plomo en raíz, tallo y hoja. Las dosis de nitrógeno y las concentraciones de plomo por separado no produjeron diferencias significativas en la tasa fotosintética de las plantas de huizache, pero la interacción entre esos dos factores fue estadísticamente significativa (P=0.0074), encontrándose que la mayor acumulación de plomo ocurrió en la parte aérea de la planta con una media de 352.34 mg·kg⁻¹.

MARTA L.DE VIANA & SILVIA ALBARRACÍN FRANCO, en su estudio sobre “*TOLERANCIA EXPERIMENTAL DE LAS ESPECIES VEGETALES NICOTIANA GLAUCA, JACARANDA MIMOSIFOLIA, TECOMA STANS, MEDICAGO SATIVA Y SPINACEA OLERACEA AL BORO, EN ARGENTINA*” en donde realizaron un experimento en laboratorio para evaluar la germinación, la supervivencia y el crecimiento de distintas especies en diferentes concentraciones de boro. Al comienzo y al final del experimento se determinó la concentración de boro en el sustrato para cada tratamiento y para sustratos con y sin vegetación. Se encontraron diferencias significativas debido al tratamiento, la especie y la interacción especie *tratamiento. *M. sativa*, *N. glauca* y *J. mimosifolia* fueron las especies de mayor tolerancia al boro. Las otras especies presentaron una

disminución en todas las variables-respuesta en función de la concentración del contaminante. Todas presentaron una baja supervivencia en la máxima concentración. La disminución de boro fue máxima en el tratamiento de 30 ppm de boro con *M. sativa* y la menor se registró en los tratamientos de 20 ppm de boro con *J. mimosifolia* y de 30 ppm de boro con *T. stans* y *S. oleraceae*. Se concluye que *N. glauca*, *M. sativa* y *J. mimosifolia* podrían considerarse como prometedoras en remediación.

22 Marco legal

2.2.1. Constitución Política

- Constitución Política del Perú

Artículo 2°, apartado 22; establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado, al desarrollo de su vida.

2.2.2. Ley

- Ley N° 28611, Ley General del Ambiente

Artículo I.- toda persona tiene derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida.

Artículo N°31, apartado 31.1; El Estándar de Calidad Ambiental establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el aire, a gua o suelo en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud humana de las personas ni al ambiente.

Artículo N°66, apartado 66.1; la prevención de riesgos y daños a la salud de las personas es prioritaria en la gestión ambiental.

Artículo N° 98, La conservación de los ecosistemas se orienta a conservar los ciclos y procesos ecológicos, a prevenir procesos de su fragmentación por actividades antrópicas y a dictar medidas

de recuperación y rehabilitación, dando prioridad a ecosistemas especiales o frágiles.

2.2.3. Decreto Supremo

- Mediante el **Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM** se aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo.

Artículo 8°, El Plan de Descontaminación de Suelos determina las acciones de remediación correspondientes, tomando como base los estudios de caracterización de sitios contaminados, en relación a las concentraciones de los parámetros regulados en los ECA para suelo. En caso el nivel de fondo de un sitio excediera el ECA correspondiente para un parámetro determinado, se utilizará dicho nivel como concentración objetivo de remediación.

ECA para suelo, establece como suelo agrícola contaminado con Pb, si este sobrepasa los niveles de 70 mg/kg MS.

23. Marco Conceptual

2.3.1. Fitorremediación

La fitorremediación de EPT tiene dos modalidades principales: 1) estabilización (fitoestabilización), que se refiere a mantener los EPT en la rizósfera de una planta sin translocarlos a su parte aérea. 2) extracción (fitoextracción), que implica acumulación de EPT mayormente en la parte aérea de la planta. Aunque en algunos casos, como con Hg y Se, se puede inducir la fitovolatilización, que consiste en la absorción del EPT; su conversión a una forma volátil y su posterior liberación a la atmósfera (Ali et al., 2013).

2.3.2. Fitoextracción

se basa en la particularidad de que algunas plantas poseen mecanismos para absorber, acumular y tolerar altas cantidades de EPT en la parte aérea. Los EPT se remueven del sitio y se considera la posterior cosecha y recuperación de los mismos (Arthur et al., 2005). La concentración en las hojas se considera

como la única propiedad para establecer la capacidad de las plantas para acumular EPT. Sin embargo, es necesario enfatizar que dicha concentración es de tipo estructural, dentro de las hojas, y que 11 Sitios contaminados con elementos potencialmente tóxicos AGRO PRODUCTIVIDAD no debe considerarse aquella proveniente de partículas de polvo depositadas en la superficie de dichas hojas. No obstante, algunos autores ya consideran la función de la parte aérea de las plantas como barrera física para atrapar EPT y le han denominado fitotrampas (Sánchez-López et al., 2015).

2.3.3. Suelos contaminados

El suelo es el soporte físico sobre el que se desarrollan las plantas y animales. Su contaminación puede repercutir sobre la cadena alimentaria y sobre la contaminación de las aguas.

El suelo contaminado es aquel cuya calidad ha sido alterada como consecuencia del vertido directo o indirecto de residuos o productos tóxicos y peligrosos. El resultado del vertido es la presencia de alguna sustancia en unas concentraciones tales que confieren al suelo propiedades nocivas, insalubres, molestas o peligrosas para algún fin (Encinas. Et al., 2011)

2.3.4. Contaminación

La contaminación es la presencia o incorporación al ambiente de sustancias o elementos tóxicos que son perjudiciales para el hombre o los ecosistemas (seres vivos). Existen diferentes tipos de contaminación, Los tipos de contaminación más importantes son los que afectan a los recursos naturales básicos: el aire, los suelos y el agua. Algunas de las alteraciones medioambientales más graves relacionadas con los fenómenos de contaminación son los escapes radiactivos, el smog, el efecto invernadero, metales pesados en altas cantidades, la lluvia ácida, la destrucción de la capa de ozono, la eutrofización de las aguas o las mareas negras (Encinas. Et al., 2011).

24. Marco teórico

2.4.1. La Contaminación ambiental

Es la introducción o presencia de sustancias, organismos o formas de energía en ambientes o sustratos a los que no pertenecen o en cantidades superiores a las propias de dichos sustratos los cuales pueden causar algún daño o desequilibrio (irreversible o no) por un tiempo suficiente, y bajo condiciones tales, que esas sustancias interfieren con la salud y la comodidad de las personas, dañan los recursos naturales o alteran el equilibrio ecológico de la zona (Encinas. Et al., 2014).

Otra definición es simplemente la acumulación indeseable de sustancias, organismos o formas de energía en un sustrato; un ejemplo de contaminación es la presencia de bióxido de carbono en el aire en concentraciones que excedan a las naturales. Por lo tanto para que se considere que hay contaminación, se debe tomar en cuenta que esta depende del lugar, el tiempo, el tipo de contaminantes y la cantidad en que éste se encuentre y hasta cierto punto también la situación específica y/o la percepción subjetiva (Delgadillo. Et al., 2011)

2.4.2. Origen de la contaminación

Conforme a la primera ley De la Termodinámica sobre que la materia y la energía no se crean ni se destruyen, solo se transforman por lo que se mantienen en equilibrio en un sistema, cualquier forma o cantidad de materia o energía que entre en una ciudad, río u organismo deberá salir tarde o temprano, si esto no ocurriera la materia u energía que se encuentra en exceso se acumulará y dará origen a la contaminación, por ejemplo cuando se explotan los depósitos naturales de un metal, este y sus impurezas entraran al ambiente y debido a que se considera al mundo como un sistema cerrado es evidente que alterará los compartimentos ambientales dependiendo en cual se acumule (Bustíos. Et al., 2013).

Existen dos tipos de origen de contaminación una de ellas es de origen antropogénica generada por actividades humanas y la contaminación de origen geogénica que proceden de roca madre, de actividad volcánica, o de la lixiviación de mineralizaciones, sin embargo en términos generales, la contaminación de origen natural nunca es tan grave como la de origen antropogénico (Encinas. Et al., 2011).

2.4.3. Causas de la contaminación

Las causas principales de la contaminación son las actividades originadas por el hombre como se mencionó en el apartado anterior. Son las relacionadas con la generación de energía artificial, incluyendo la explotación de los recursos naturales no renovables, como el petróleo o los diversos minerales, la industria en general y sus avances, la agricultura, la minería, sin embargo existen otras causas que son las actividades no productivas, como las que se realizan dentro del hogar o las asociadas con el transporte o los servicios. La contaminación también puede ser causa del crecimiento demográfico, los movimientos migratorios, la urbanización y el uso de sustancias sintéticas en el hogar (Bustíos. Et al., 2013).

2.4.4. La Contaminación intradomiciliaria por humos

La degradación de los suelos, la deforestación y el inadecuado manejo de los desechos sólidos. Por otro lado, los costos económicos de la degradación ambiental en el Perú alcanzan un monto de alrededor de 8 500 millones de nuevos soles anuales, es decir, aproximadamente 4% del PBI, y se debe sobre todo al aumento de la mortalidad y la morbilidad, a la disminución de la productividad y a la degradación del suelo y de la infraestructura (Bustíos, et al., 2013).

2.4.5. La degradación

Tiene causas antropogénicas y naturales, de las cuales sus efectos son las malas prácticas y las malas condiciones de higiene, la baja calidad de las instalaciones de agua y saneamiento, la creciente polución del aire urbano, la alta vulnerabilidad a los desastres

naturales, la exposición ante gases tóxicos,

Las causas de la degradación ambiental en el país ordenadas de acuerdo al costo son las siguientes (Bustíos, et al., 2013):

2.4.6. Contaminación biológica:

Se da cuando un microorganismo se encuentra en un sustrato al que no pertenece o bien a uno al que pertenece pero en concentraciones que excedan a las naturales del mismo sustrato (Encinas. Et al., 2011). Comúnmente se debe a la deficiencia en los servicios de saneamiento básico como drenajes y sistemas de tratamiento de aguas o un bajo nivel de educación o hábitos higiénicos incorrectos.

2.4.7. Contaminación física:

Es la alteración de un compartimento por la presencia del ruido, contaminación térmica (calor), ruido y radiaciones ionizantes; sus efectos son muertes de animales y plantas por estrés, efecto Siconeurológicos, mutaciones, cáncer y otros igualmente graves (Encinas. Et al., 2011).

2.4.8. Contaminación química:

Es la incorporación de sustancias creadas por el acelerado desarrollo tecnológico y la industrialización de los países que hasta algunos años atrás la principal actividad era agrícola; la contaminación química es a la entrada y creación de numerosas sustancias de origen sintético, la movilización, uso de sustancias y elementos naturales como los metales pesados o el petróleo que los seres humanos extraen de yacimientos y que al incorporarse a los ciclos biogeoquímicos desequilibran el ecosistema (Encinas. Et al., 2011).

2.4.9. La contaminación ambiental en el Perú

De acuerdo a la Revista Peruana de Epidemiología, en América Latina y el Caribe, la pobreza, la inequidad social y la urbanización desordenada, la fragmentación de estructuras familiares y comunitarias contribuyen a un ambiente poco saludable, además el crecimiento acelerado y desordenado del sector industrial causa directamente la contaminación biológica, física y química; provoca aumentos en el transporte y el consumo de energía, genera más desechos y hace más difícil el manejo y disposición de los mismos. Los procesos de producción (explotaciones mineras, petroleras y agrícolas modernas, los hospitales, centros de salud, laboratorio, plantas de energía, la industria manufacturera y el narcotráfico) son los mayores generadores de desechos químicos, físico y residuos peligrosos. (Bustíos, et al., 2013).

2.4.10. El problema de la contaminación de suelos en el Perú

Los niveles de desertificación y degradación de la tierra son elevados, lo cual compromete el 27 % del total de la superficie del territorio nacional que significa un total de 34 384796 ha. Este total se distribuye en 3 862 786 ha (3% de la superficies del total de país) desertificadas y 30 522 010 ha (24% la superficie total del país) en proceso de desertificación. De continuar con este ritmo al año 2100, el 64% del territorio peruano estará afectando por procesos de esta naturaleza lo que abarcara la Costa y Sierra del Perú que constituyen el 38 % del territorio nacional donde se asienta el 88% de la población y se desarrollan actividades agrarias que generan el 9% del PBI, 30% del PEA, el 9% de las exportaciones y casi la totalidad de actividades mineras e industriales (Agenda Nacional de Acción Ambiental 2013-2014).

2.4.11. La contaminación de suelos

La parte más dinámica de la superficie de la Tierra. La meteorización química y mecánica de las rocas y la influencia de ciertos procesos microbiológicos producen el suelo. La presencia en los suelos de concentraciones nocivas de algunos elementos químicos y compuestos (contaminantes) es un tipo especial de degradación que se denomina contaminación.

El contaminante está siempre en concentraciones mayores de las habituales (anomalías) y en general tiene un efecto adverso sobre algunos organismos. Por su origen puede ser geogénico o antropogénico. (De la Peña. Et al., 2014). Los contaminantes pueden abandonar un suelo por volatilización, disolución, lixiviado o erosión, y pasar a los organismos cuando pueden ser asimilables (bioasimilables), lo que normalmente ocurre cuando se encuentran en forma más o menos soluble. En concreto, la posibilidad de que un elemento (contaminante o no) quede libre y pase a disolución en un suelo se llama disponibilidad.

2.4.12. Efecto de los contaminantes en el suelo:

El suelo puede degradarse al acumularse en él sustancias a unos niveles que repercuten negativamente en el comportamiento de los suelos (Bonilla. Et a., 2013). Los efectos desfavorables son:

- Contaminación de aguas superficiales y freáticas por procesos de transferencia.
- Disminución del rendimiento de los cultivos con posibles cambios en la composición de los productos con riesgo para la salud de los consumidores al entrar determinados elementos en la cadena trófica.
- Destrucción del poder de autodepuración por procesos biológicos normales.

- Disminución de funciones de soporte de actividades de esparcimiento.

2.4.13. Metales pesados como contaminantes ambientales

Dentro de los metales pesados hay dos grupos: Oligoelementos o micronutrientes, son elementos esenciales, requeridos en pequeñas cantidades traza por animales y plantas y son necesarios para que los organismos completen su ciclo vital. Si se exceden sus concentraciones requeridas se vuelven tóxicos (Delgadillo. Et al., 2011)

Los metales pesados constituyen un grupo de 65 elementos con una densidad mayor de 5g/cm³ y poseen diversas características físicas, químicas y biológicas (Marrero, et al., 2012).

2.4.14. Efectos de los metales pesados en la salud humana

Un numero problemas de salud son causados por la toxicidad de los metales en el hombre dependiendo de su concentración y su estado de oxidación, a continuación se dará un breve resumen de los riesgos en la salud que producen (Gosh. Et al, 2010).

- **Cadmio:** es bien conocido como mutagénico y carcinógeno, altera el metabolismo del calcio en el cuerpo, produce fallas en el riñón y anemia severa.
- **Zinc:** una alta concentración puede causar fatiga mareos.
- **Plomo:** la toxicidad del plomo podría resultar en fallas renales, enfermedades cardiovasculares, causa la reducción de la inteligencia, pérdida de memoria y problemas de coordinación.
- **Cromo:** causa rápida caída del cabello
- **Níquel:** Inhalación puede causar cáncer de pulmón, cáncer de garganta y cáncer de estómago.
- **Arsénico:** Irritación de estómago e intestino, irritación de

- pulmones, lesiones de piel, diabetes, infertilidad y
- **aborto en mujeres, daño al cerebro y posibilidades de cáncer (Burger, et al., 2010).**

2.4.15.El Plomo

El uso del plomo en pigmentos ha sido muy importante, el pigmento que se utiliza más, en el que interviene este elemento, es el blanco de plomo $2\text{PbCO}_3\text{Pb}(\text{OH})_2$; otros pigmentos importantes son el sulfato básico de plomo y los cromatos de plomo (Aldoobie and Beltagi, et al., 2013), el litargirio (óxido de plomo) se emplea mucho para mejorar las propiedades magnéticas de los imanes de cerámica de ferrita de bario. Asimismo, una mezcla calcinada de Zirconato de plomo y de Titanato de plomo, conocida como PZT, está ampliando su mercado como un material piezoeléctrico (Aldoobie and Beltagi, et al., 2013).

El Plomo fue uno de los primeros metales extraídos por el hombre, este metal se produce primariamente por fundición del mineral.

Los principales yacimientos de éste están en Australia, Canadá, Estados Unidos, y Unión Soviética. La producción mundial minera es de aproximadamente 3.300.000 ton/año; en América Latina se produce el 14% de este total, siendo los más importantes productores Perú (212.600 ton/año) y México (184.261 ton/año) (Danza et al., 2010).

2.4.16.Los efectos del plomo en la salud humana:

El plomo no tiene una función biológica útil en el ser humano a pesar de estar presente en la dieta y en el ambiente humano. Se ingieren unos 200 a 300 ug diarios sin que ello cause daño conocido (F. Danza et al., 2010). El plomo puede penetrar en el organismo por tres vías: respiratoria, digestiva y cutánea (Bonilla. Et al, 2013). El plomo que atraviesa la piel pasa a través de los folículos pilosos y glándulas sebáceas y sudoríparas directamente al torrente circulatorio. En la especie humana la absorción de plomo por vía inhalatoria es mínima en comparación con la vía

digestiva. En el caso de penetrar por vía respiratoria se combina con proteínas o con el CO₂ espirado, formándose PbCO₃ soluble. Por vía respiratoria, la más importante en el medio laboral, se llega a absorber el 40 % del plomo. Parte de este Pb se fija en la saliva y se traga. Por todo lo cual la vía respiratoria está considerada como la más peligrosa. Respecto a la absorción digestiva, mientras los adultos absorben el 10%, los niños absorben hasta el 50% del Pb ingerido. Por otra parte, los niños tienden a retener mayor concentración del plomo absorbido que los adultos, en porcentaje se puede cuantificar respectivamente en un 30% y 5%. Cualquier vía de ingestión de plomo tiene su punto final en el hígado, el cual metaboliza los compuestos que a él llegan, eliminando una parte por la bilis. Cuando existe una insuficiencia hepática o la concentración del metal es excesiva se elimina por el sudor, la saliva, el páncreas y por la orina, pasado un cierto nivel, comienza a acumularse y un 20% se aloja en los riñones por ello se puede presentar el síndrome de Fanconi con una aminoaciduria, glucosuria, hipofosfaturia e hipofosfatemia provocadas por lesión tubular renal (Wu. Et al., 2012)

2.4.17. La biorremediación

La EPA define la biorremediación como la manipulación de sistemas biológicos para efectuar cambios en el ambiente. La Biorremediación surge como una rama de la biotecnología que busca resolver los problemas de contaminación mediante el diseño de microorganismos capaces de degradar compuestos que provocan desequilibrios en el medio ambiente (Bonilla. Et al., 2013).

El proceso de biorremediación dependiendo del medio que se utilice para la descontaminación del suelo puede clasificarse en:

- **Fitorremediación:** uso de plantas verdes para remover, obtener o neutralizar compuestos orgánicos y metales pesados.
- **Biorremediación:** uso de animales que tienen la capacidad de desarrollarse en medios altamente contaminados.

- **Biorremediación microbiana:** uso de bacterias acumuladoras como hongos, algas, cianobacterias y actinomicetos.

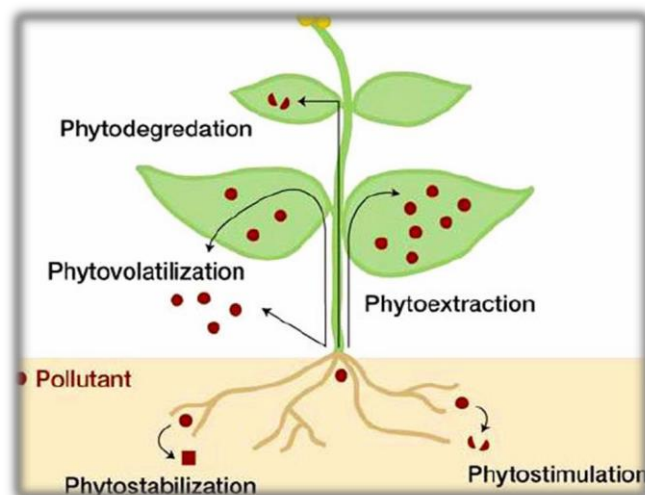
2.4.18. La fitorremediación

La fitorremediación viene del termino griego (phyto) que significa planta y remediación del termino griego (remedium) que significa limpieza. Como el termino indica es un proceso de limpieza de un área contaminada mediante el uso de plantas (Greispsson et al., 2011). Está técnica puede ser usada para la remediación de contaminantes orgánicos e inorgánicos los cuales pueden ser encontrados en suelos, sedimentos, aguas superficiales y subterráneas; puede ser económicamente factible y eficiente, estos contaminantes abarcan los metales pesados, los metaloides, los agroquímicos, los radionucleoides, sales, los agroquímicos, hidrocarburos, los compuestos organoclorados y las aguas residuales (Ali et al., 2013).

2.4.19. Mecanismos de fitorremediación:

Entre las diversas categorías de la fitorremediación destacan: la fitoextracción, la fitoestabilización, la rizofiltración y la fitovolatilización de acuerdo a la contaminación tratada como se observa en la figura N°1.

Figura N° 1: Mecanismos de fitorremediación



Fuente: Mas Science., 2017

2.4.20. Compost

El compost es uno de los mejores abonos orgánicos que se puede obtener en forma fácil y que permite mantener la fertilidad de los suelos con excelentes resultados en el rendimiento de los cultivos. Es el resultado de un proceso controlado de descomposición de materiales orgánicos debido a la actividad de alimentación de diferentes organismos del suelo (bacterias, hongos, lombrices, ácaros, insectos, etc.) en presencia de aire (oxígeno). El abono compostado es un producto estable, que se le llama humus. Este abono orgánico se construye con el estiércol de los animales de granja (aves, caballos, vacas, ovejas o cerdos), residuos de cosechas, desperdicios orgánicos domésticos y papel.

El proceso de compostaje tiene la particularidad que es un proceso que se da con elevadas temperaturas. La materia orgánica es utilizada como alimento por los microorganismos, y es en este proceso de alimentación que la temperatura de la pila se eleva, pudiendo alcanzar los 65 a 70 » C. Para que el proceso se desarrolle normalmente es imprescindible que haya humedad y oxígeno suficientes, ya que los microorganismos encargados de realizar la descomposición de los materiales orgánicos necesitan de estos elementos para vivir.

La elevada temperatura que adquiere la pila de compost (o abonera) es muy importante, ya que es una manera de eliminar muchos tipos de microorganismos que pueden perjudicar a las plantas que cultivemos y que se encontraban presentes en el material original.

Los microorganismos capaces de sobrevivir a temperaturas elevadas son en su mayoría desintegradores de materia orgánica, ya que se alimentan de ella; los microorganismos que perjudican las plantas no sobreviven con altas temperaturas y sí lo hacen si la temperatura es entre 15 y 25 °C.

En el proceso de compostaje, luego que la temperatura desciende los microorganismos perjudiciales para las plantas que pudieran

existir desaparecen. Así, se favorece el desarrollo de microorganismos que viven a temperaturas de 15 a 25 » C. pero no perjudican las plantas. De esta manera compiten con los organismos perjudiciales ocupando el lugar que podrían ocupar ellos.

La elevada temperatura provoca también la muerte de las semillas presentes, impidiendo por lo tanto la germinación de pastos que no queremos. (Upadhsay y Singh, et al., 2014).

La incorporación de abono compostado al suelo tiene las siguientes ventajas:

- Incorpora materia orgánica y nutrientes al suelo
- No contiene semillas de malezas
- Mejora las características físicas y biológicas (incorporando microorganismos beneficiosos) del suelo
Da excelentes rendimientos en cultivos de cereales, hortalizas, pastos y árboles
- Puede utilizarse en lombricultura

2.4.21. Los Biofertilizantes:

Entre las tecnologías más avanzadas de la agricultura se encuentra la explotación del suelo, sin afectar su equilibrio biológico mediante un adecuado tratamiento del sistema suelo-planta que suprime, en lo posible, el empleo de productos químicos. De esta forma surge el método de fertilización agrobiológico que con el uso de los biofertilizantes, garantizan la salida al consumidor, la abundancia al agricultor y constituye una solución real para los grandes problemas de contaminación que existen en nuestro mundo actual. Los biofertilizante nos permiten:

- Fijación del nitrógeno atmosférico para suministrar a los cultivos una parte importante de sus necesidades del elemento y síntesis de sustancias biológicamente activas (auxinas, giberelinas, citoquininas, aminoácidos y vitaminas) que influyen sobre el desarrollo y vigor de las plantas, sobre la

floración, y fructificación, estimulan la fotosíntesis y reducen la respiración, con lo cual aumentan la capacidad de almacenamiento de fotosíntesis por las plantas, además, todos estos efectos se traducen en incremento del rendimiento y ahorro de fertilizantes.

- Incremento de la germinación hasta un 40 %; presenta posturas mayores, más desarrolladas, de mayor sistema radicular, incremento de posturas viables en un 40 %; se reducen los ciclos de semilleros de 5 a 7 días, lo cual debe tenerse en cuenta para que no se pasen las posturas; se incrementa la población tanto en trasplantes como en siembra directa y presentan mayor resistencia a condiciones adversas (Pattanayak and Dhal, et al., 2014).

CAPITULO III

3. PLANTEAMIENTO METODOLOGICO

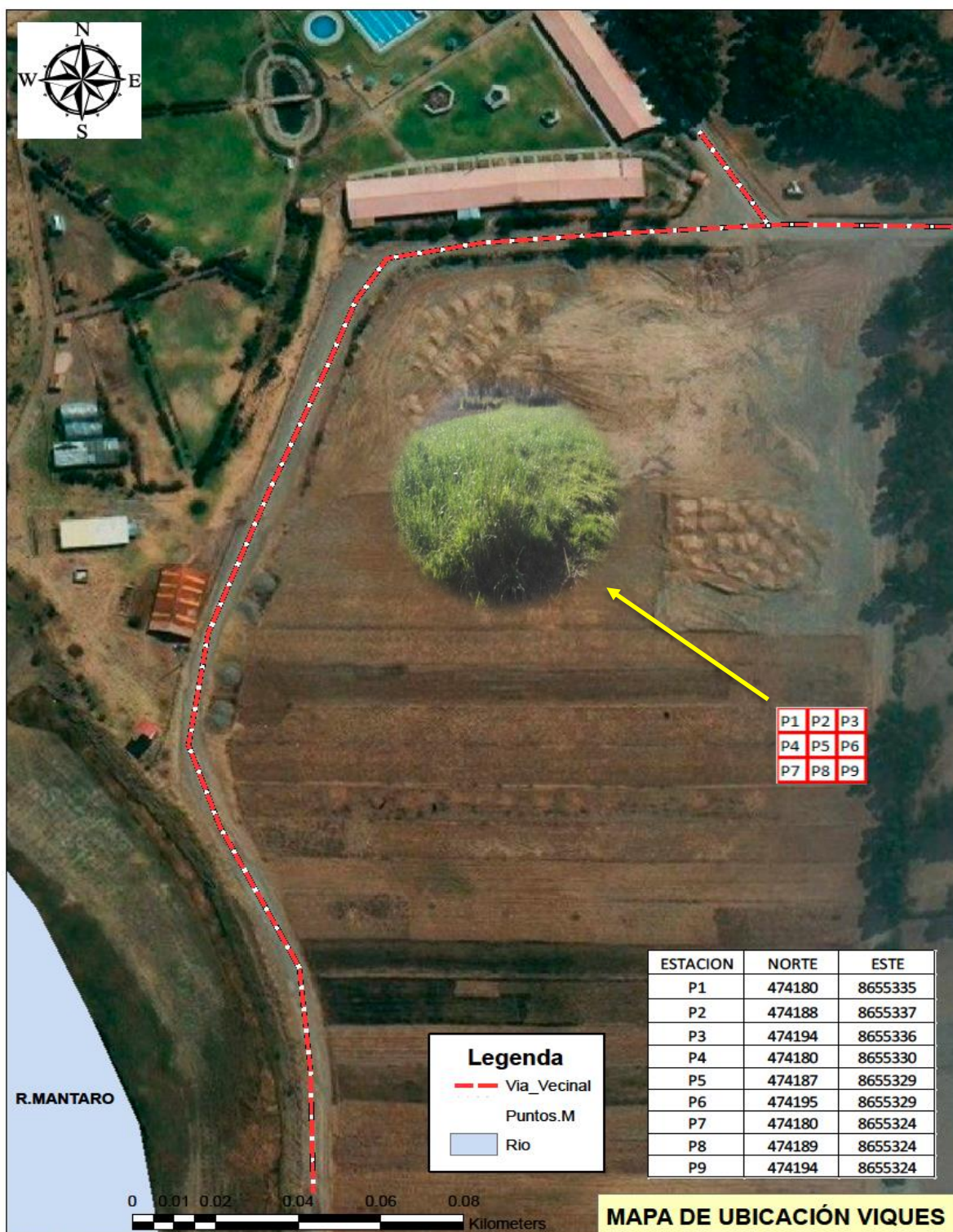
3.1. Metodología

3.1.1. Método:

3.1.1.1. Ubicación Geográfica

EN la figura N°2 se observa la localización donde fue desarrollada la investigación, se realizó en parcelas agrícolas del distrito de Viques de la provincia de Huancayo del departamento de Junín (tres parcelas de $4 m^2$) por cada tratamiento, enmendadas con compost y un biofertilizante comercial.

Figura N° 2: Localización de las parcelas



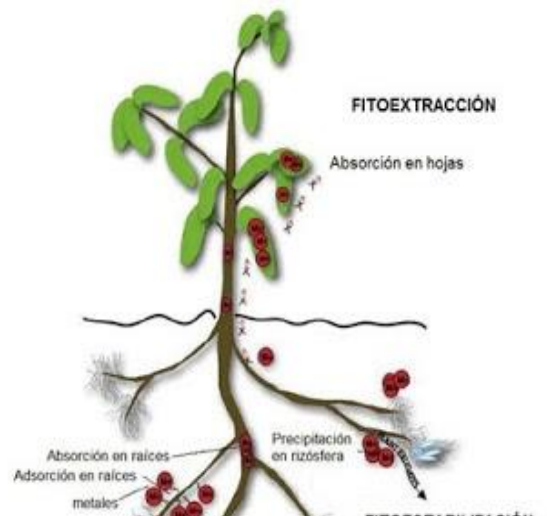
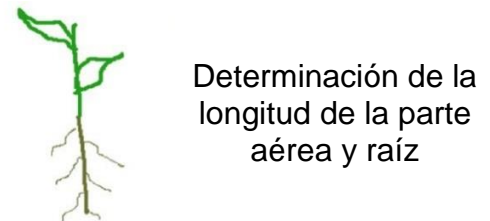
Fuente: Elaboración Propia

3.1.1.2. Diagrama de Flujo experimental



Parcela 1 (4m ²)	Parcela 2 (4m ²)	Parcela 3 (4m ²)
Parcela 4 (4m ²)	Parcela 5 (4m ²)	Parcela 6 (4m ²)
Parcela 7 (4m ²)	Parcela 8 (4m ²)	Parcela 9 (4m ²)

Figura 3: Flujograma Experimental



Fuente: Elaboración Propia

3.1.1.3. Profundidad del suelo para la toma de las muestras iniciales:

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

Los puntos de muestreo fueron tomados en cada parcela tratada con tres repeticiones.

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

- Luego de extraer las sub muestras estas fueron mezcladas con la submuestras 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).

3.1.1.4. Enmienda del suelo con compost y biofertilizante:

Se procedió a enmendar el suelo con los fertilizantes comerciales (Fertilizante biológico-Biosustenta) y compos en las respectivas parcelas, para luego volver a realizar un análisis del suelo enmendado con tres repeticiones para determinar el plomo inicial.

El biofertilizante comercial se aplicó con una mochila fitosanitaria, a razón de 2 litros de producto y el resto de agua;

3.1.1.5. Análisis de las muestras

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

3.1.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada, pues es de naturaleza eminentemente práctica aplicando las bases teóricas de la fitorremediación en suelos contaminados con plomo.

3.1.3. Nivel de la investigación

El nivel del presente trabajo de investigación es explicativo y correlacional, pues trata de encontrar una relación causa – efecto, en la cual la variable independiente produce indefectiblemente un efecto en la variable dependiente.

3.2. Diseño de la investigación

Modelo aditivo lineal

$$x_{ij} = \mu + \tau_j + \epsilon_{ij}$$

Tabla 1: Diseño de un solo factor (Biofertilizante con tres niveles) completamente al azar (DCA) y con tres repeticiones por grupo

Repeticiones –Especie (i)	Biofertilizante (τ_j)		
	Compost	comercial	Testigo
1	X_{11}	X_{12}	X_{13}
2	X_{21}	X_{22}	X_{23}
3	X_{31}	X_{32}	X_{33}

Fuente: Elaboración propia

Donde:

- x_{ij} : Es el tipo de biofertilizante probado para la fitorremediación de suelos

- u : Respuesta media de todos los niveles
- i : corresponde a las repeticiones o parcelas
- μ_j = es el efecto diferencial del nivel j . Recoge la importancia de cada tratamiento y es el objetivo del análisis de la concentración final de plomo en los suelos agrícolas del distrito de Viques después del proceso de Fito extracción.
- ϵ_{ij} = Es un término de error, considerado como variable aleatoria
 $N \sim (0, \sigma^2)$

3.3. Hipótesis de la investigación

3.3.1. Hipótesis general

El uso de los biofertilizantes comercial y compost tendrá influencia significativa sobre la fitorremediación de Pb de suelos contaminados del distrito de Viques usando usando Ray Grass Híbrido (*Lolium hybridum* Hausskn).

3.3.2. Hipótesis específicas

- La caracterización del suelo con respecto a contaminantes como el Pb tendrá niveles que sobrepasen los Estándares de Calidad Ambiental en los suelos agrícolas de Viques.
- El uso de los biofertilizantes comercial y compost tendrá una alta influencia significativa sobre la concentración de plomo en las raíces y parte aérea de la parte aérea del Ray Grass Híbrido (*Lolium hybridum* Hausskn)
- El uso de biofertilizantes comercial y compost tiene una influencia significativa sobre el desarrollo de la longitud de la parte aérea y raíces del Ray Grass Híbrido (*Lolium hybridum* Hausskn)

- El biofertilizante comercial tendrá una mayor capacidad de potenciación en la fitorremediación del Ray gras Híbrido en suelos contaminados del distrito de Viques.

3.4. Variables

3.4.1. Variable independiente

Tipo de biofertilizante comercial y compost

3.4.2. Variables dependientes

- Concentración de Pb en la raíz del Ray-Grass Híbrido-*Lolium hybridum* Hausskn (ppm)
- Concentración de Pb en la parte aérea del Ray-Grass Híbrido-*Lolium hybridum* Hausskn (ppm)
- Longitud de la raíz del Ray-Grass Híbrido -*Lolium hybridum* Hausskn (cm)
- Longitud de la parte aérea del Ray Grass Híbrido-*Lolium hybridum* Hausskn (cm)
- Factor de bioconcentración (FBC_{pb})
- Factor de Traslocación (FT)
- Concentración final de Pb en los suelos estudiados del distrito de Viques (ppm)
- Porcentaje de eficiencia de remoción del Plomo

3.5. Cobertura de estudio

3.5.1. Población

Suelos contaminados con plomo del distrito de Viques, Provincia de Huancayo, Departamento de Junín

3.5.2. Muestra

Nueve Parcelas (de 4 m² cada una) trabajadas en el distrito de Viques, Provincia de Huancayo, departamento de Junín

3.5.3. Muestreo

Se tomaron las muestras en base al tipo de muestreo aleatorio simple.

3.6. Técnicas e instrumentos

3.6.1. Técnicas de investigación

- Investigación documental
- Investigación en laboratorio - experimental

3.6.2. Instrumentos de investigación

3.6.2.3. Instrumentos electrónicos

- pH metro
- GPS
- Balanza de alta sensibilidad 0.1
- Metrometro
- Espectrofotómetro de Absorción atómica modelo ASC-6100

3.6.2.2. Instrumentos de registro

- Hoja de cotejo
- Tabla de registros

3.7. Procesamiento estadístico de la información

3.7.2. Estadísticos

- Para el procesamiento de datos, de acuerdo al objetivo a conseguir se usaron las siguientes pruebas
- Análisis de la varianza
- Prueba "F" de Fisher
- Prueba de Tukey

CAPITULO IV

4. ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS

4.1. Resultados

4.1.1. Caracterización Físicoquímica Del Suelo

Tabla 2: Caracterización físicoquímica del suelo de viques

PARÁMETRO	RESULTADOS	INTERPRETACIÓN
pH	6.9	Ligeramente ácido
Materia Orgánica (%)	1.2	bajo
C.E. (μs^{-1})	44	No salino
%CaCO ₃	10.20	
Plomo (ppm)	189.94	Contaminado
Fierro (ppm)	2125	Contaminado

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Concentración de Pb en las Parcelas antes de la Fitorremediación con Ray-Grass Híbrido (*Lolium hybridum* Hausskn)

Tabla 3: ppm de plomo en las parcelas antes de los tratamientos

PARCELAS REPETICIONES	TRATAMIENTOS		
	TESTIGO	CON COMPOST	SUELO CON BIOFERTILIZANTE COMERCIAL
r1	193.23	193.28	193.50
r2	190.22	194.32	192.56
r3	186.38	189.69	187.35
PROM	189.94	192.43	191.14

Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Concentración De Pb Del Suelo Despues De Los Tratamientos Del Suelo Con Biofertilizantes Comercial Y Compos

Tabla 4: ppm de plomo en las parcelas después de la fitorremediación

PARCELAS REPETICIONES	TRATAMIENTOS		
	TESTIGO	CON COMPOST	SUELO CON BIOFERTILIZANTE COMERCIAL
r1	76.65	68.94	57.30
r2	84.91	65.68	59.27
r3	91.51	69.50	56.13
PROM	84.36	68.04	57.57

Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Porcentaje De Eficiencia De Remoción Ray-Grass Híbrido (*Lolium Hybridum Hauskn*)

Tabla 5: Eficiencia de remoción del Ray- Gras Hibrido

PARCELAS REPETICIONES	TRATAMIENTOS		
	TESTIGO	CON COMPOST	SUELO CON BIOFERTILIZANTE COMERCIAL
r1	60.33	64.33	70.39
r2	55.36	66.20	69.22
r3	50.90	63.36	70.04
F PROM	55.53	64.63	69.88

ue

nte: Elaboración propia

4.1.5. Acumulación De Plomo En La Parte Aérea Del Ray-Grass Híbrido (*Lolium hybridum Hauskn*)

Tabla 6: ppm de plomo en la parte aérea del Ray –Gras Hibrido

PARCELAS REPETICIONE S	TRATAMIENTOS		
	TESTIG O	CON COMPOST	SUELO CON BIOFERTILIZANTE COMERCIAL
r1	6.81	7.07	7.09
r2	8.22	6.59	7.20
r3	8.60	7.34	6.72
PROM	7.88	7.00	7.01

Fuente: Elaboración propia

4.1.6. Acumulación De Plomo En La Raíz Del Ray-Grass Híbrido (*Lolium hybridum* Hausskn)

Tabla 7: ppm de plomo en raíz del Ray –Gras Híbrido

PARCELAS REPETICIONES	TRATAMIENTOS		
	TESTIGO	CON COMPOST	SUELO CON BIOFERTILIZANTE COMERCIAL
r1	106.56	114.84	127.89
r2	97.72	123.65	124.53
r3	83.22	111.62	122.43
PROM	95.83	116.70	124.95

Fuente: Elaboración propia

4.1.7. Factor De Bioconcentración De La Parte Aérea Del Ray-Grass Híbrido (*Lolium hybridum* Hausskn)

Tabla 8: FBC de la parte aérea del Ray–Gras Híbrido cada parcela tratada

ARCELAS REPETICIONE S	TRATAMIENTOS		
	TESTIG O	CON COMPOST	SUELO CON BIOFERTILIZANTE COMERCIAL
r1	0.04	0.04	0.04
r2	0.04	0.03	0.04
r3	0.05	0.04	0.04
PROM	0.04	0.04	0.04

Fuente: Elaboración propia

4.1.8. Factor De Bioconcentración De La Raíz Del Ray-Grass Híbrido

(Lolium hybridum Hausskn)

Tabla 9: FBC de la raíz del Ray–Gras Híbrido para cada parcela tratada

PARCELAS REPETICIONE S	TRATAMIENTOS		
	TESTIGO	CON COMPOST	SUELO CON BIOFERTILIZANT E COMERCIAL
r1	0.55	0.59	0.66
r2	0.51	0.64	0.65
r3	0.45	0.59	0.65
PROM	0.50	0.61	0.65

Fuente: Elaboración propia

4.1.9. Factor De Traslocación Del Ray-Grass Híbrido (*Lolium hybridum* Hausskn)

Tabla 10: Factor de Traslocación del Ray–Gras Híbrido para cada parcela tratada

PARCELAS REPETICIONE S	TRATAMIENTOS		
	TESTIG O	CON COMPOST	SUELO CON BIOFERTILIZANTE COMERCIAL
r1	0.06	0.06	0.06
r2	0.08	0.05	0.06
r3	0.10	0.07	0.05
PROM	0.08	0.06	0.06

Fuente: Elaboración propia

4.1.10. Crecimiento De La Parte Aérea

Tabla 11: Crecimiento De La Parte Aérea

PARCELAS REPETICIONES	TRATAMIENTOS		
	TESTIGO	CON COMPOST	SUELO CON BIOFERTILIZANTE COMERCIAL
r1	15.56	18.53	22.05
r2	15.45	17.96	21.30
r3	15.23	18.40	22.35
PROM	15.41	18.30	21.90

Fuente: Elaboración propia

4.1.1. Crecimiento De La Raíz

Tabla 12: Crecimiento De La Parte Aérea

TRATAMIENTOS	TRATAMIENTOS		
	TESTIGO	CON COMPOST	SUELO CON BIOFERTILIZANTE COMERCIAL
r1	13.25	15.58	15.56
r2	13.90	15.30	15.70
r3	14.05	15.45	16.02
PROM	13.73	15.44	15.76

Fuente: Elaboración propia

4.2. Discusión De Resultados

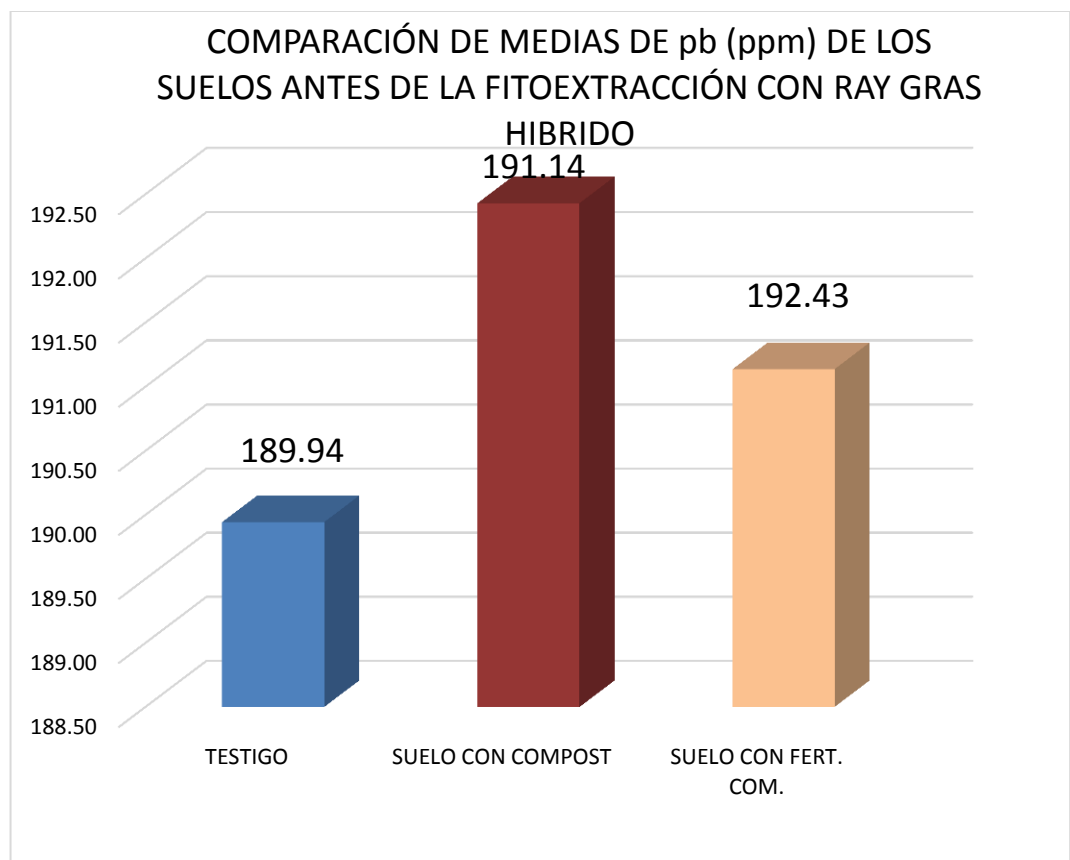
4.2.1. De La Caracterización Del Suelo

La caracterización inicial (tabla I) permitió identificar la calidad pre operacional del suelo, o “blanco ambiental” como base de comparación con los tratamientos de compos y biol comercial, Viendose que la concentración promedio final del suelo supra ampliamente el ECA

4.2.2. Medias De Concentración De Plomo De Los Suelos Antes De La

Fitoextracción Con Ray Gras Hibrido

Grafico N°1: Comparación de Medias de Pb (Ppm) de los Suelos Antes de la Fitoextracción con Ray Gras Hibrido



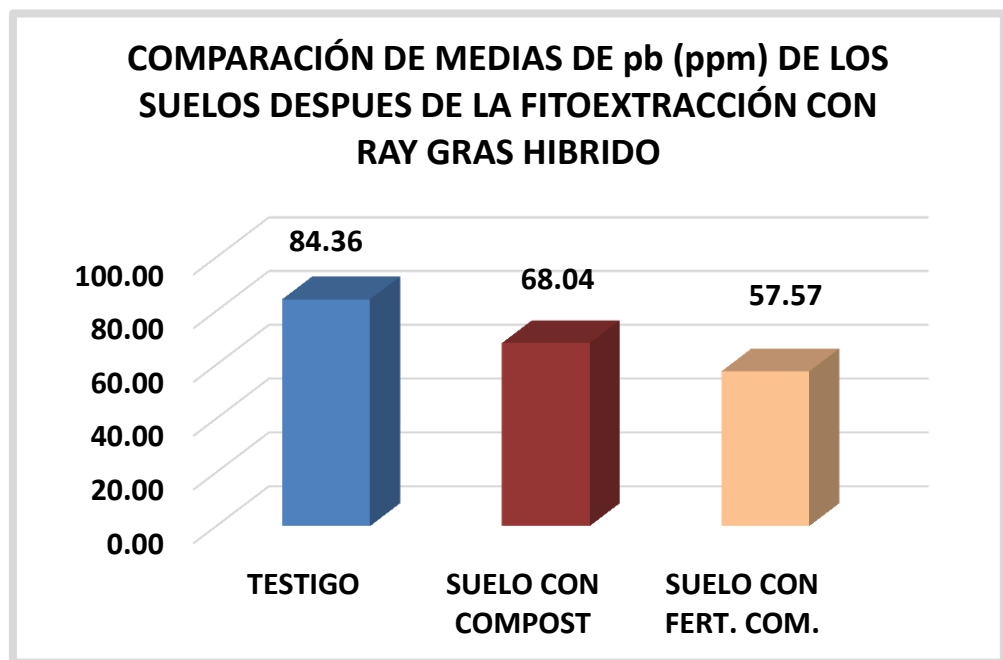
Fuente: Elaboración propia

Del gráfico N° se vislumbra que la concentración más elevada promedio de plomo en el suelo inicial son para las parcelas con compost.

El ligero incremento de la concentración de plomo en el suelo puede deberse a algunas trazas de metales pesados, sobretodo el plomo en el compost utilizado, (WOODBURY, 1993 y WERSHAW, 2004).

4.2.3. Medias De Concentración De Plomo Después De La Fitoextracción Con Ray Gras Hibrido

Grafico N°2: Comparación De Medias De Pb (Ppm) De Los Suelos Después de la Fitoextracción Con Ray Gras Hibrido



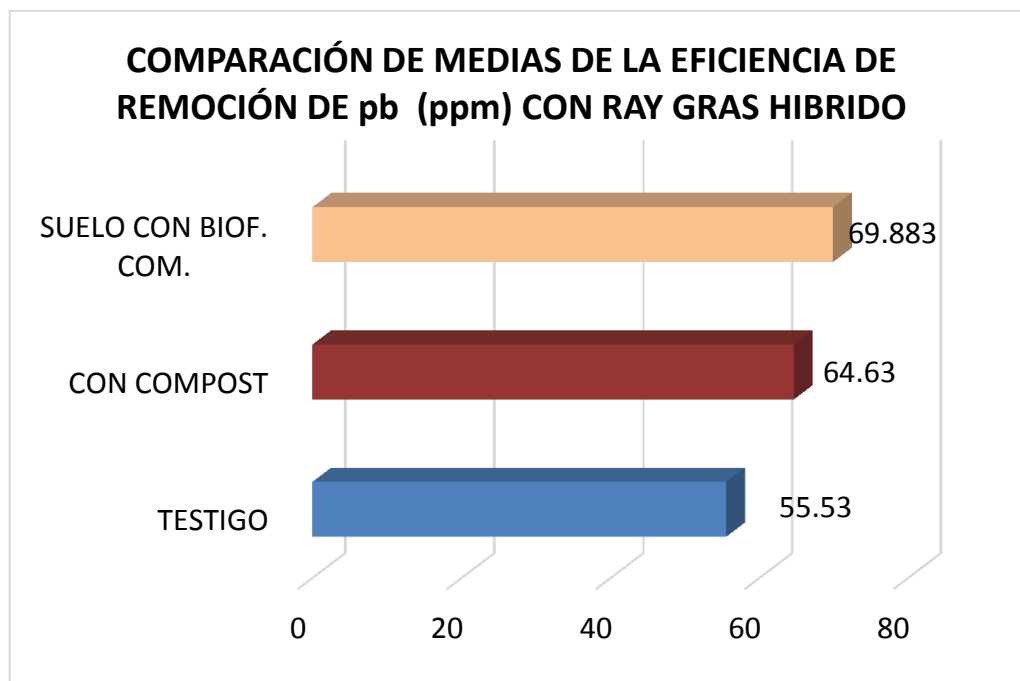
Fuente: Elaboración propia

Del gráfico N°2 se observa que para la parcela tratada con biofertilizante comercial nos identifica la menor cantidad de Plomo, es decir el Ray Gras Hibrido fitoextrajo más plomo del medio, esto se explica gracias a que el biofertilizante usado aporta materia orgánica,

sin aditivos ni aglomerantes: ácidos húmicos y fúlvicos, aminoácidos, vitaminas, oligoelementos., que hacen que la raíz de la planta se desarrolle y con ello logre la planta un rendimiento alto en la remoción de plomo..(Chang. Et al., 2013)

4.2.4. Eficiencia De Extracción Del Ray Gras Hibrido

Grafico N°3: Comparación De Medias De La Eficiencia De Remoción De Pb Ppm) Con Ray Gras Hibrido



Fuente: Elaboración propia

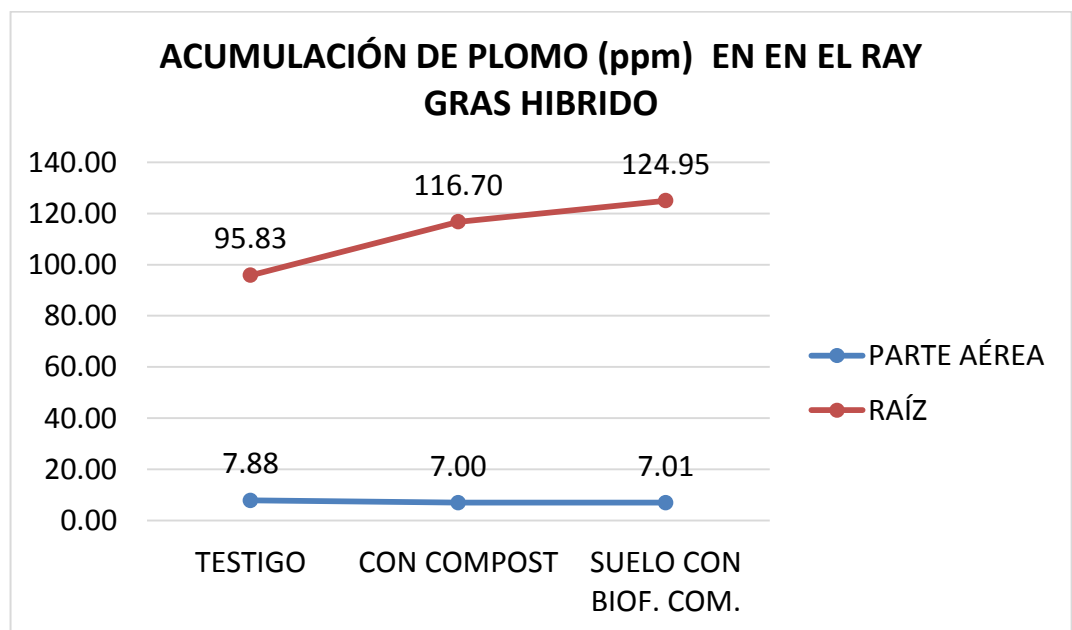
Del gráfico se observa que la eficiencia de remoción de plomo con Ray gras hibrido es más óptimo en suelos enmendados con biofertilizante comercial, el cual es ligeramente superior a suelos enmendados con compos y testigo.

Este fenómeno es explicable debido a que las sustancias húmicas de los suelos afectan positivamente al crecimiento de la planta , bien de forma directa, a través de efectos fisiológicos positivos , o bien de forma indirecta afectando a las propiedades físicas, química y biológicas de los suelos (Stevenson, 1994, Senesi y Loffredo, 1999). Así , los ácidos húmicos y otros componentes biológicos principales de estos

biofertilizantes, sirven como fuentes de nitrógeno, fósforo y azufre para los microorganismos y las plantas, y como estructurantes del suelo, mejorando su aireación y su capacidad de retención de agua, estimulando el crecimiento radicular o aumentando la proliferación de pelos radiculares (Tallini y col. 1999). Por ellos cuanto mayor contenido húmico posean estos fertilizantes mayores serán sus propiedades estructurales para mejorar la fitoextracción con ray gras y serán agrónomicamente más eficientes y medioambientalmente más seguros. (Senesi y Cool,2007)

4.2.5. Comparación Del Plomo Acumulado En La Planta

Grafico N°4: Acumulación de Plomo (Ppm) en el Ray Gras Hibrido



Fuente: Elaboración propia

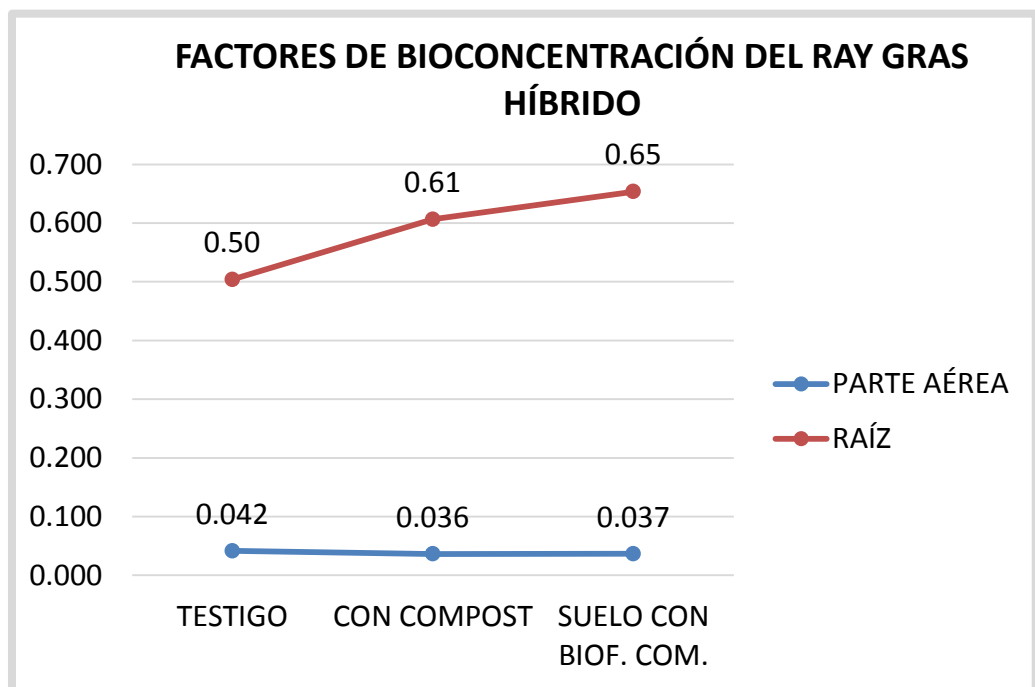
El uso de biofertilizantes hace que se desarrolle más la parte de la raíz del ray gras hibrido, presentando una mayor habilidad de la especie de acumular los metales pesados como el plomo en sus raíces .Este fenómeno está asociado a una estrategia de la planta para evitar su toxicidad, estos resultados están acorde con los reportados por Yang et

al., 2011 donde el Ray Gras Hibrido acumula mayor cantidad de cadmio en sus raíces en comparación a la parte aérea.

En el **grafico N°4** se observa que la acumulación de plomo en la parte aérea del ray gras hibrido es menor que en la raíz, esto significa que la planta no traslada eficazmente los metales pesados de la raíz a la parte aérea de la planta, por lo que su potencial es la de fitoestabilizar metales en sus raíces. (Medina Marcos 2.14)

4.2.6. Comparaciones De Los Factores De Bioconcentración De La Parte Aérea Y De La Raíz Del Ray Gras Hibrido

Grafico N°5: Factores De Bioconcentración Del Ray Gras Híbrido



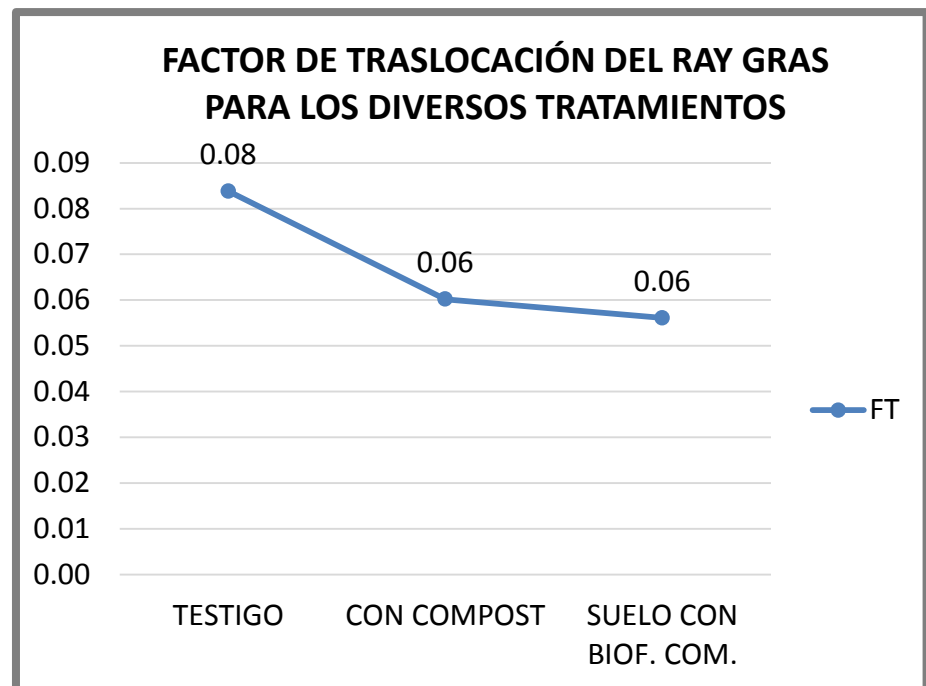
Fuente: Elaboración propia

En la **figura N°5** se observan bajos valores de los FBC tanto de la parte aérea y raíz del Ray gras hibrido, posiblemente se deba a la elevada concentración de plomo en el suelo (189.94 ppm), concluyendo que el Ray gras hibrido es una planta excluyente por tener un $FBC < 1$ (Baker, 1981;

Ma, 2001), por lo tanto el FBC no fue una buena medida de la capacidad de la planta para acumular plomo según lo informado por (Bech et al 2016

4.2.7. Factor De Traslocación

Grafico N°6: Factor De Translocación Del Ray Gras Para Los Diversos Tratamientos



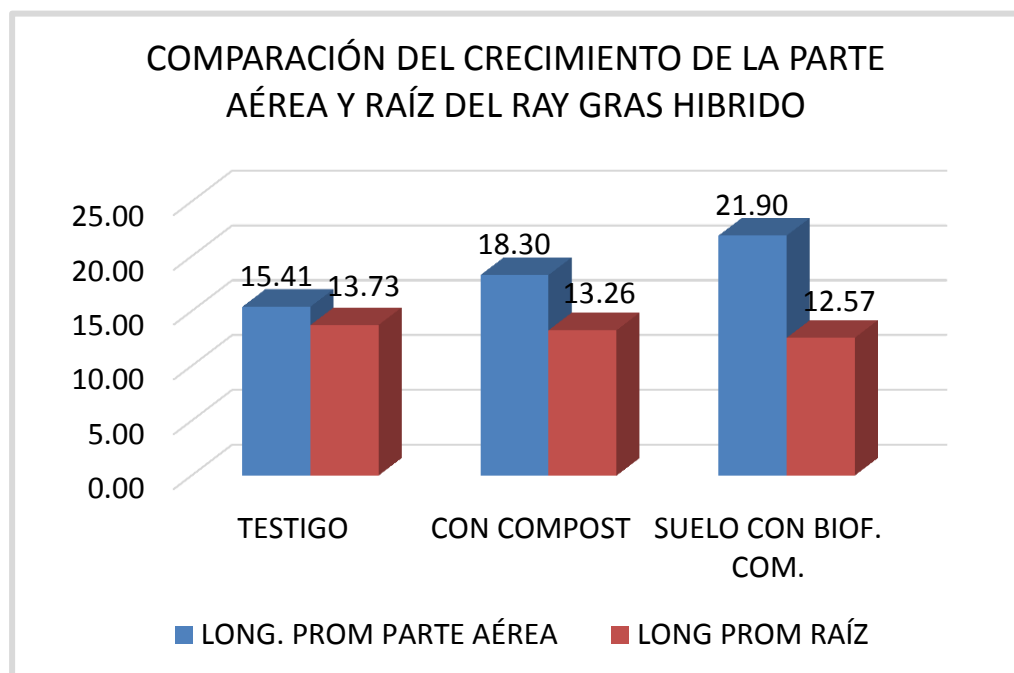
Fuente: Elaboración propia

Cuando el valor del factor de translocación es menor de 0.5 indica que la planta es tolerante, cuando es menor a 1 , acumuladora y mayor a 1 hiperacumuladora, ya que el enriquecimiento ocurre, cuando un contaminante es tomado por la planta y no es degradado rápidamente, resultando en una acumulación en la planta. El proceso de fitoextracción generalmente requiere la traslocación de metales pesados a la parte cosechable de la planta (Yoon, et al., 2006). En el **gráfico N°6** se observa que para todos los tratamientos, incluido el testigo se presentan bajos factores de translocación (0.06-0.08), lo que demuestra que el ray gras hibrido es una especie que tiene un alto

potencial de fitoestabilización en los suelos contaminados con plomo del distrito de Viques ya que la tolerancia se restringe al suelo-raíz.

4.2.8. Comparación del desarrollo de la parte aérea y raíz del Ray Gras Híbrido

Grafico N°7: Comparación Del Crecimiento De La Parte Aérea Y Raíz Del Ray Gras Híbrido



Fuente: Elaboración propia

Los tratamientos con compost y biofertilizante aumentan el nitrógeno del suelo y con ello el crecimiento de las plantas, aumenta la transpiración y la acumulación de biomasa, plantas cultivadas con mayores tasas de Nitrógeno tienen un sistema radicular más extenso lo que resulta en una mayor absorción del metal pesado y otros elementos de la solución del suelo (Sheoran. Et al., 2015), en el **cuadro N°7** se observa que la longitud de la raíz tiende a disminuir conforme se trata al ray gras con el compost y el biofertilizante comercial, la literatura indica que la fertilización puede alterar las propiedades químicas de la rizósfera, tales como pH, disponibilidad de iones y conductividad eléctrica (CE), estos cambios pueden inhibir el crecimiento de las raíces (Chang. Et al., 62

2013). Adicional a esto la toxicidad del plomo hace que el crecimiento de las raíces del ray gras hibrido disminuya, obteniéndose un menor desarrollo para cuando se trabajó con el biol comercial.

4.3. Contrastación Estadística de las Hipótesis

4.3.1. Para la Eficiencia de Remoción del Ray Gras

El uso de los biofertilizantes comercial y compost tendrá influencia significativa sobre la fitorremediación de Pb de suelos contaminados del distrito de Viques usando Ray Grass Híbrido (*Lolium hybridum Hausskn*).

Tabla 13: Eficiencia de remoción del Ray Gras hibrido en suelos del distrito de Viques

Repeticiones (Parcelas)(i)	TRATAMIENTOS CON BIOFERTILIZANTES τ_j		
	TESTIGO	CON COMPOST	SUELO CON BIOFERTILIZANTE COMERCIAL
r1	60.33	64.33	70.39
r2	55.36	66.20	69.22
r3	50.90	63.36	70.04

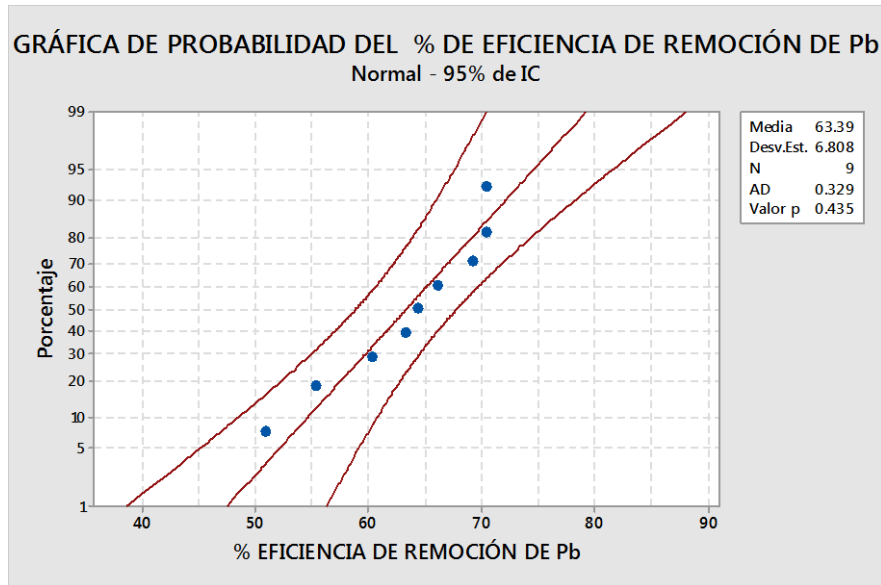
Fuente: Elaboración propia

H0: Los tratamientos con biofertilizante compost y comercial no tienen influencia significativa en la eficiencia de remoción de plomo con el ray gras hibrido

Ha: Los tratamientos con biofertilizante compost y comercial sí tienen influencia significativa en la eficiencia de remoción de plomo con el ray gras hibrido.

4.3.1.1. Gráfica de probabilidad normal para garantizar el modelo ANOVA

Grafico N°8: Probabilidad del % de eficiencia de remoción de Pb



Fuente: Elaboración propia

En la **gráfica N° 8** se puede observar los datos presentan una tendencia normal, ($p > 0.05$), Por lo tanto, los datos siguen una distribución normal y se ajustan al modelo analizado.

$$x_{ij} = u + \tau_j + \epsilon_{ij}$$

- x_{ij} : Es el tipo de biofertilizante probado para la fitorremediación de suelos
- u : Respuesta media de todos los niveles
- i : corresponde a las repeticiones o parcelas
- τ_j = es el efecto diferencial del nivel j . Recoge la importancia de cada tratamiento y es el objetivo del análisis de la concentración final de plomo en los suelos agrícolas del distrito de Viques después del proceso de Fito extracción.
- ϵ_{ij} = Es un término de error, considerado como variable aleatoria $N \sim (0, \sigma^2)$

4.3.1.2. ANOVA para la eficiencia de remoción

Tabla N° 14: Análisis de Varianza

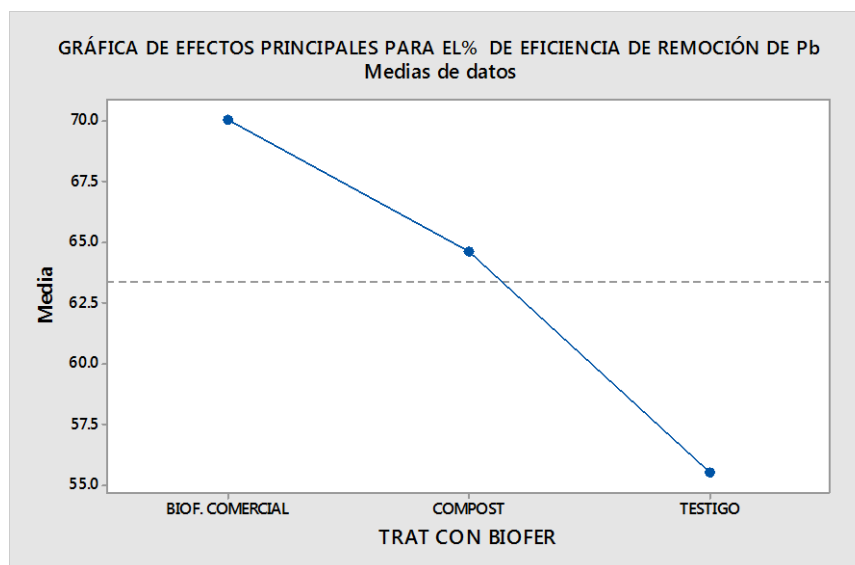
FUENTE	GL	SC AJUST.	MC AJUST.	VALOR F	VALOR P
TRAT CON BIOFER	2	321.16	160.580	19.43	0.002
ERROR	6	49.59	8.266		
TOTAL	8	370.75			

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N°14 Anova se puede observar que al trabajar con una probabilidad del 95% se tiene suficiente evidencia estadística para concluir que los tratamientos con compost y biofertilizante influyen significativamente en la eficiencia de remoción del plomo ($p < 0.05$) con Ray Gras Híbrido (*Lolium hybridum* Hausskn).

4.3.1.3. Análisis de factores

Grafico N°9: Efectos Principales Para El %De Eficiencia De Remoción De Pb

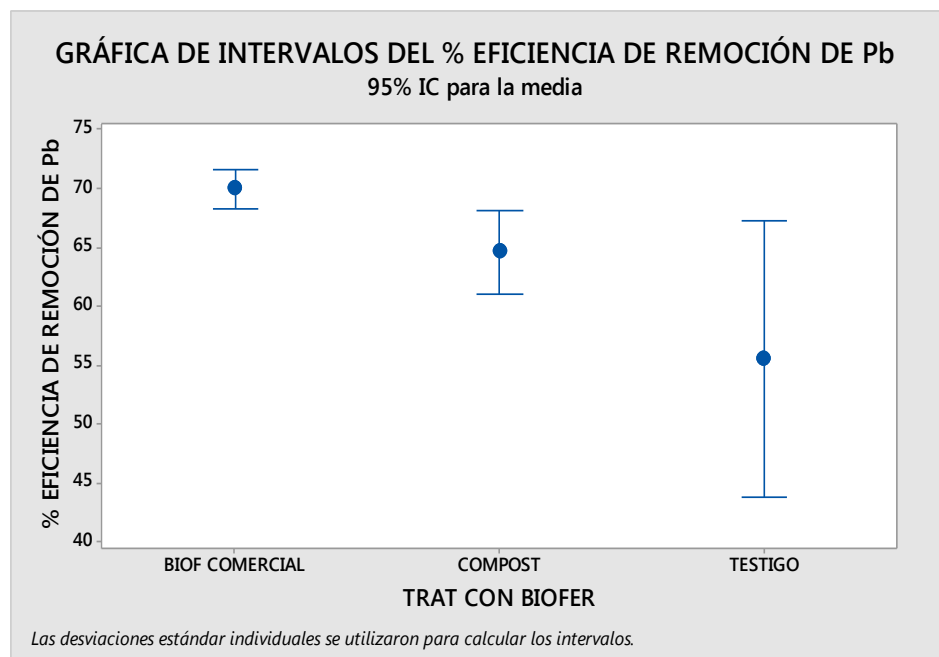


Fuente: Elaboración propia

Del **gráfico** N° 9 se observa que el Biofertilizante comercial obtiene mayor eficiencia de extracción (69.883%) en relación a los demás tratamientos con compost y testigo trabajados con Ray Gras Híbrido.

4.3.1.4. Comparación múltiple de intervalos de los tratamientos

Gráfico N°10: Intervalos Del % Eficiencia de Remoción de Pb para la Media



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico N°10 se observa que el biofertilizante comercial produce un porcentaje elevado de remoción media de plomo en comparación con los demás tratamientos. El intervalo de confianza para el biofertilizante comercial no se sobrepone con los otros intervalos de confianza, lo que indica que la diferencia puede ser significativa. Los suelos con compost, y el suelo testigo también presentan una significativa tasa de plomo removido.

4.3.1.5. Comparaciones múltiples de fisher – tukey respecto al control

Tabla N° 15: Comparaciones múltiples de Fisher con la prueba testigo

TRAT CON BIOFER	N	Media	Agrupación
TESTIGO (Control)	3	55.5300	A
BIOF	3	70.0033	
COMPOST	3	64.6300	

Fuente: Elaboración propia

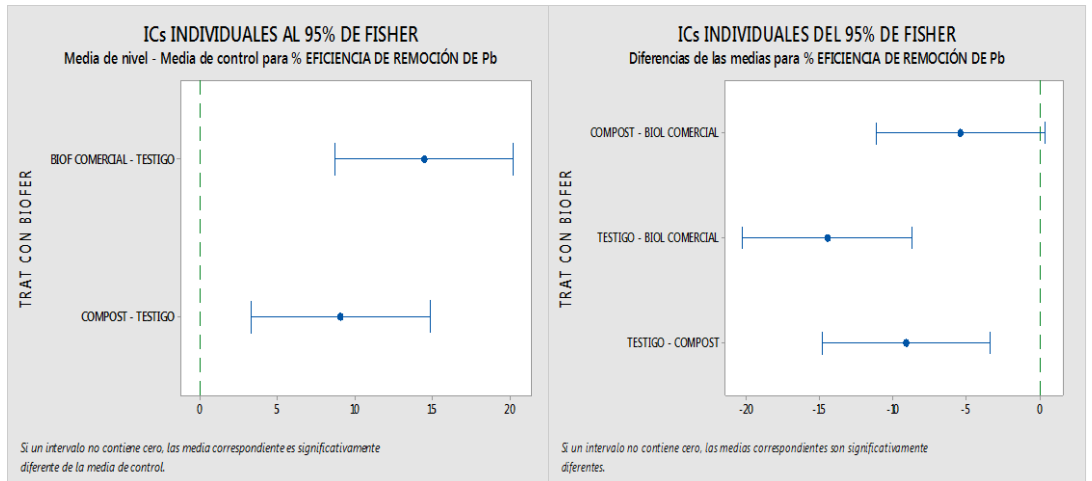
Tabla N° 16: Pruebas Simultáneas De Tukey

Diferencia de TRAT CON BIOFER niveles	Diferencia de medias	EE de diferencia	IC individual de 95%	Valor T	Valor p
BIOL COMERCIAL - TESTIGO	14.47	2.35	(8.73, 20.22)	6.17	0.001
COMPOST - TESTIGO	9.10	2.35	(3.36, 14.84)	3.88	0.008

Fuente: Elaboración propia

En la **tabla N°15** de comparaciones con el control se observa que las medias no etiquetadas con la letra A son significativamente diferentes de la media del tratamiento testigo. Demostrando que los suelos enmendados con biofertilizante comercial y compost con ray gras híbrido presentan resultados significativamente diferente respecto a su eficiencia de extracción de plomo. Esto se corrobora con el cuadro de Tukey. En la **tabla N°16 siguiente de pruebas simultaneas de Tukey para ver las diferencias a un Nivel de confianza simultánea = 91.41%** indica que debemos de estar un 91.49 % seguro de que cada intervalo individual de comparación de los suelos tratados contiene la diferencia real entre un tratamiento con biofertilizante específico de medias de grupo. Los niveles de confianza individuales de cada comparación producen el nivel de confianza simultáneo de 95% para las dos comparaciones.

Grafico N°11: tratamientos con compost y biofertilizante comercial en comparación con el testigo



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico N°11 se puede demostrar que los tratamientos con compost y biofertilizante comercial en comparación con el testigo son diferentes es decir la eficiencia de extracción de plomo es mejor en comparación con el testigo. También se demuestra que el biol comercial tiene mejor eficiencia de extracción de plomo que el compost para las condiciones del ray gras hibrido.

También se observa del gráfico adyacente que no hay muchas diferencias significativas entre la eficiencia de extracción de plomo usando compost y ray gras.

CONCLUSIONES

1. las concentraciones iniciales de plomo (189.94, 192.43 y 191.14 ppm) de los distintos tratamientos con enmiendas del suelos del distrito de Viques difieren en poca significancia, el que tiene un ligero incremento de plomo es el suelo enmendado con compost, posiblemente por tener pequeñas trazas de pb que hacen que se adicione al que ya contenía el suelo inicial del experimento.
2. El suelo que presenta menor concentración de plomo (57.57) después de la fitoextracción con Ray Gras es el suelo con fertilizante comercial, rebajando la concentración de plomo por debajo del ECA (70ppm), debido que este contiene mayor concentración de sustancias fijadoras del nitrógeno, indispensables para la alimentación de las planta y potenciación de la fitoextracción.
3. los FBC tanto de la parte aérea y raíz del ray gras hibrido, posiblemente se deba a la elevada concentración de plomo en el suelo (189.94 ppm), concluyendo que el ray gras hibrido es una planta excluyente por tener un $FBC < 1$
4. Para todos los tratamientos, incluido el testigo se presentan bajos factores de translocación (0.06-0.08), lo que demuestra que el ray gras hibrido es una especie que tiene un alto potencial de fitoestabilización en los suelos contaminados con plomo del distrito de Viques ya que la tolerancia se restringe al suelo-raíz
5. Se tiene suficiente evidencia estadística para concluir que los tratamientos con compost y biofertilizante influyen significativamente en la eficiencia de remoción del plomo ($p < 0.05$) con Ray Gras Hibrido (*Lolium hybridum* Hausskn).
6. El biofertilizante comercial produce un porcentaje elevado de remoción media de plomo (69.883 ppm) en comparación con los demás tratamientos. El intervalo de confianza .

RECOMENDACIONES

- Se recomienda ampliar la presente investigación en trabajos de campo, para estudiar la posibilidad de descontaminar grandes proporciones de suelo en un tiempo relativamente más corto que el normal cuando se aplica la metodología de fitoextracción común.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aldoobie, N.F., Beltagi, M.S., 2013. Physiological, biochemical and molecular responses of common vean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants to heavy metals stress. *Afr. J. Biotechnol.* 12 (29), 4614–4622.
2. Ahmadpour, P., Ahmadpour, F., Mahmud, T., Abdu, A., Soleimani, M., Tayefeh, F.H., 2014. Phytoremediation of heavy metals: a green technology. In: Asrari, E. (Ed.), *Heavy Metal Contamination of Water and Soil: Analysis, Assessment, and Remediation Strategies*. CRC Press, Taylor and Francis, p. 249.
3. Ali H, Khan E, Anwar M. S., 2013. Phytoremediation of heavy metals– Concepts and applications. *Chemosphere* 91, 869–881.
4. Alloway, B.J. 2012. Sources of Heavy Metals and Metalloids in Soils. En: *Heavy Metals in Soils. Trace Metals and Metalloids in Soil and Their Bioavailability*. Chapter 2, Third edition. University of Reading, UK. p. 11-50.
5. ARTSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) (1993). Toxicological profile for lead. U.S. Department of Health and Human Services. Atlanta.
6. Azcona C. Mará Isabel. 2015. Efectos tóxicos del Plomo. *Rev Esp Med Quir* 2015; 20: 72-77.
7. Tangahu, B.V., Sheikh Abdullah, S.R., Basri, H., Idris, M., Anuar, N., Mukhlisin, M., 2011. A review on heavy metals (As, Pb, and Hg) uptake by plants through phytoremediation. *Int. J. Chem. Eng.* 2011, 31. Article ID 939161.
8. Upadhyay, S.K., Singh, D.P., 2014. Effect of salt-tolerant plant growth-promoting rhizobacteria on wheat plants and soil health in a saline environment. *Plant Biol.*
9. Vameralli T., Marinna M., Lucchini P., Dickinson N., Mosca G., 2014. Long-Term Phytomanagement of metal- contaminated land whit field crops: Integrated remediation and biofortification. *Eur J Agron.* 53: 56-66.

10. Bayón Sanz S. 2015. Aplicación de la fitorremediación a suelos contaminados por metales pesados. Facultad de Farmacia, Universidad Complutense. Madrid- España.
11. Bert, V., Bonnin, I., Saumitou-Laprade, P., De Lague'rie, P., Petit, D., 2002. Do *Arabidopsis halleri* from nonmetallicolous populations accumulate zinc and cadmium more effectively than those from metallicolous populations *New Phytol.* 155 (1), 47–57.
12. El Mantaro Revive, 2007. Avances de Resultados de la Evaluación de Calidad Ambiental de los Recursos Agua y Suelo. Fondo Italo Peruano, Perú.
13. Gadd, G.M., 2010. Metals, minerals and microbes: geomicrobiology and bioremediation. *Microbiology* 156, 609–643.
14. Garcia-Leston, J., Roma-Torres, J., Vilares, M., Pinto, R., Prista, J., Teixeira, J.P., Mayan, O., Conde, J., Pingarilho, M., Gaspar, J.F., Pasaro, E., Mendez, J., Laffon, B., 2012. Genotoxic effects of occupational exposure to lead and influence of polymorphisms in genes involved in lead toxicokinetics and in DNA repair. *Environ. Int.* 43, 29–36.
15. Bonilla Valencia, S. M. 2013. Estudio para tratamientos de biorremediación de suelos contaminados con Plomo, utilizando el método de fitorremediación. Quito Ecuador
16. Burger, M. y Román, D. 2010. Plomo, salud y ambiente. Organización Panamericana de la salud, Uruguay.
17. Brunetti, G. Farrag, K. 2011. Greenhouse and Field Studies on Cr, Cu, Pb and Zn Phytoextraction by *Brassica napus* from Contaminated Soils in the Apulia Region, Southern Italy. *J.geoderma*.2010.10.023.
18. Bustíos C., Martina M., Arroyo R. (2013), Deterioro de la Calidad Ambiental y la Salud en el Perú actual, *Revista Peruana de Epidemiología*, Lima, Perú.
19. Chang Yu- Sen, Chang, Yu- Jie, Lin, Chien-Tsan. 2013. Nitrogen fertilization promotes the phytoremediation of cadmium in *Pentas lanceolata*. 85-

10.1016/j.ibiod.2013.05.021.

20. Cheng Shu-Fen, Huang Chin-Yuan, Lin Yung-Cheng, Chen Kuo-Lin. 2015. Phytoremediation of lead using corn in contaminated agricultural land-An in situ study and benefit assesment. *Ecotoxicology and environmental safety*. Volume 111, Pages 72-77.
21. Czarnecki, S., Düring, R.A., 2015. Influence of long-term mineral fertilization on metal contents and properties of soil samples taken from different locations in Hesse, Germany.
22. Delgadillo A., Gonzales C., Prieto F., Villagomez J., Acevedo O. 2011. Fitorremediación: Una alternative para eliminar la contaminación. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14: 597- 612.
23. De la peña Cerda, V. R. 2014. Evaluación de la concentración de Plomo y Cadmio en suelo superficial de parques y plazas públicas, en tres municipios del área metropolitana de Monterrey, Nuevo León, México.
24. Dixit, R., Wasiullah, M.D., Pandiyan, K., Singh, U.B., Sahu, A., Shukla, R., Singh, B.P., Rai, J.P., Sharma, P.K., Lade, H., Paul, D., 2015. Bioremediation of heavy metals from soil and aquatic environment: an overview of principles and criteria of fundamental processes. *Sustainability* 2015 (7), 2189–2212.
25. Encinas Malagón M. D. 2011. Medio Ambiente y Contaminación. Principios básicos. Primera edición
26. Greipsson, S., 2011. Phytoremediation. *Nat. Educ. Knowl.* 3, 7 Ghosh, M., Singh, S.P., 2005. A Review on Phytoremediation of Heavy Metals and Utilization of It's by Products. *Asian J. Energy Environ.* 6, 214–231
27. Gonzales I., Neaman A., Cortes A., Rubio P., 2014. Effect of compost and biodegradable chelate addition on phytoextraction of cooper by *Oenothera picensis* grown in Cu- Contaminated acid soils. *Chemosphere*. 95: 11-115.
28. Goolsby, E.W., Mason, C.M., 2015. Toward a more physiologically and evolutionarily relevant definition of metal hyperaccumulation in plants. *Front. Plant Sci.* 6, 33.
29. Ghosh, M., Singh, S.P., 2005. A review on phytoremediation of heavy metals

- and utilization of it's by products. Appl. Ecol. Environ. Res. 3, 1-18.
30. Greipsson, S., 2011. Phytoremediation. Nat. Educ. Knowledge 2, 7.
31. GMAS, 2000. Guía para el Muestreo y Análisis de Suelo. Ministerio de Energía y Minas, Dirección de Asuntos Ambientales, Perú.
32. Khan, M.A., Ahmad, I., Rahman, I., 2007. Effect of environmental pollution on heavy metals content of with aniasomnifera. J. Chin. Chem. Soc.
33. Landeros, O., Trejo, R., Reveles, M., 2011. Uso potencial del Huaziche (*Acacia farnesiana* L. Will) en la fitorremediación de suelos contaminados con Plomo. México – Zacatecas
34. Upadhyay, S.K., Singh, D.P., 2014. Effect of salt-tolerant plant growth-promoting rhizobacteria on wheat plants and soil health in a saline environment. Plant Biol.
35. Ministerio del Medio Ambiente de Perú, 2012. Agenda Nacional de Acción Ambiental, Lima Perú.
36. Mugica-Alvarez, V., Cortes-Jiménez, V., Vaca-Mier, M., Domínguez-Soria, V., 2015. Phytoremediation of mine tailings using *Lolium multiflorum*. Int. J. Environ. Sci. Develop. 6 (4), 246–251.
37. Pattanayak, B., Dhal, N.K., 2014. Biotechnological potential of plantmicrobes interaction with enhanced phytoremediation. J. Environ. Res. Dev. 8, 676–682.
38. Smolinska, B., 2015. Green waste compost as an amendment during induced phytoextraction of mercurycontaminated soil. Environ. Sci. Pollut. Res. 22 (5), 3528–3537.
39. Salazar, M.J., Pignata, M.L., 2014. Lead accumulation in plants grown in polluted soils. Screening of native species for hytorremediation. J. Geochem. Explor., volume 137, 29-36
40. Segovia Caqueo, M. E. 2014. Bioaccesibilidad y Biodisponibilidad de elementos traza en suelos contaminados y plantas. Facultad de ciencias

químicas y farmacéuticas, Universidad de Chile.

41. Sheoran V., Sheoran A., y Poonia P., 2015, Factors Affecting Phytoextraction: A review. *Pedosphere*. 26(2): 148–166. A review. *Pedosphere*. 26(2): 148–166.
42. Zoya Ghorri. 2016. *Phytoextraction: The use of plants to remove heavy metals from soil*. Atta-ur-Rahman School of Applied Biosciences, National University of Sciences and Technology (NUST), Islamabad, Pakistan; Department of Bioscience and Biotechnology, Banasthali University, Tonk, Rajasthan, India; Department of Botany, S.P. College, Srinagar, Jammu and Kashmir, India.
43. ang Y., NanZ., Zhao Z., Wang Z., Wang S., Wang X., Jin W., Zhao C., 2011. Bioaccumulation and translocation of cadmium in cole (*Brassica campestris* L.) and celery (*Apium graveolens*) grown in the polluted oasis soil, Northwest of China *Journal of Environmental Sciences*, 23(8) 1368–1374.
44. Yulieth C. Reyes, Inés Vergara, Omar E. Torres, Mercedes Díaz, Edgar E. Gonzales. 2016. Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, Vol.16 N°2. Julio- Diciembre 2016, pp66-77. Sogamoso-Bogotá. Colombia.
45. Young-Mathews, A. 2012. *Plant guide for field mustard (Brassica rapa var. rapa)*. USDA-Natural Resources Conservation Service, Corvallis Plant Materials Center, Corvallis, OR. Published August 2012
46. Prashar, P., Kapoor, N., Sachdeva, S., 2014. Rhizosphere: its structure, bacterial diversity and significance. *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.* 13 (1), 63–77.

ANEXOS

ANEXO I: FOTOS

Foto 1: Parcelas de Ray Grass Hibrido



Foto 2: Ray Gras Hibrido de 2 meses con los tratamientos



Foto 3: Parcelas de Ray Grass Híbrido después de tres meses



Foto 4: Parcelas de Ray Grass Híbrido después de tres meses



Foto 5: Muestras secas del Ray Gras Híbrido



ANEXO 2: Resultados iniciales del suelo:



INFORME DE ENSAYO N° 3-06823/18

Pág. 1/2

Solicitante : Ancco Sotomayor, Franck Marco
 Domicilio Legal : Jr. Piura S/N – Huancayo
 Producto Declarado : SUELO
 Cantidad de muestra para ensayo : 01 muestra x 02 kg.
 Muestra proporcionada por el solicitante
 Forma de presentación : BOLSA HERMÉTICA DE POLIETILENO
 Identificación de la muestra : SUELO
 MUESTRA C
 FECHA MUESTREO: 29/06/2016
 Fecha de recepción : 2018-01-29
 Fecha de inicio del ensayo : 2018-02-02
 Fecha de término del ensayo : 2018-02-05
 Ensayo realizado en : Laboratorio Ambiental
 Identificada con : H/S 16010576 (EXAG-13894-2018)
 Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Metales totales por ICP-MS:

Ensayos	Resultados
Litio (mg/kg) (LD: 0,025 mg/kg)	17,37
Berilio (mg/kg) (LD: 0,015 mg/kg)	< 0,015
Boro (mg/kg) (LD: 1,00 mg/kg)	< 1,00
Sodio (mg/kg) (LD: 1,00 mg/kg)	76,84
Magnesio (mg/kg) (LD: 1,00 mg/kg)	2 140
Aluminio (mg/kg) (LD: 0,05 mg/kg)	9 276
Silicio (mg/kg) (LD: 1,00 mg/kg)	115,1
Fosforo (mg/kg) (LD: 1,00 mg/kg)	656,0
Potasio (mg/kg) (LD: 1,00 mg/kg)	792,4
Calcio (mg/kg) (LD: 5,00 mg/kg)	4 268
Titanio (mg/kg) (LD: 0,050 mg/kg)	110,1
Vanadio (mg/kg) (LD: 0,050 mg/kg)	38,74
Cromo (mg/kg) (LD: 0,050 mg/kg)	13,36
Manganeso (mg/kg) (LD: 0,025 mg/kg)	1 189
Hierro (mg/kg) (LD: 1,00 mg/kg)	2 125
Cobalto (mg/kg) (LD: 0,030 mg/kg)	6,860
Níquel (mg/kg) (LD: 0,035 mg/kg)	11,92
Cobre (mg/kg) (LD: 0,030 mg/kg)	38,59
Zinc (mg/kg) (LD: 0,050 mg/kg)	626,33

LD: Limite de detección



CALLAO
 Oficina Principal
 Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
 T. (511) 319 9000

CHIMBOTE
 Urb. José Carlos Mariátegui s/n
 Centro Cívico, Nuevo Chimbote
 T. (043) 311 048

PIURA
 Urb. Angamos IE Av. Panamericana
 Nro. 0 Mz-A Lote - 02 - Piura
 T. (073) 322 908 / 9975 63161

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

INFORME DE ENSAYO N° 3-06823/18

Pág. 2/2

Ensayos	Resultados
Arsénico (mg/kg) (LD: 0,050 mg/kg)	40,48
Selenio (mg/kg) (LD: 0,050 mg/kg)	< 0,050
Estroncio (mg/kg) (LD: 0,0450 mg/kg)	32,45
Molibdeno (mg/kg) (LD: 0,020 mg/kg)	1,416
Plata (mg/kg) (LD: 0,0050 mg/kg)	< 0,0050
Cadmio (mg/kg) (LD: 0,020 mg/kg)	5,135
Estaño (mg/kg) (LD: 0,0250 mg/kg)	< 0,0250
Antimonio (mg/kg) (LD: 0,020 mg/kg)	< 0,020
Teluro (mg/kg) (LD: 0,050 mg/kg)	< 0,050
Bario (mg/kg) (LD: 0,0150 mg/kg)	110,2
Wolframio (mg/kg) (LD: 0,050 mg/kg)	< 0,050
Mercurio (mg/kg) (LD: 0,010 mg/kg)	< 0,010
Talio (mg/kg) (LD: 0,0250 mg/kg)	< 0,0250
Plomo (mg/kg) (LD: 0,020 mg/kg)	189,94
Bismuto (mg/kg) (LD: 0,050 mg/kg)	< 0,050
Uranio (mg/kg) (LD: 0,0050 mg/kg)	< 0,0050

LD: Limite de detección


Método:

Metales totales por ICP-MS: Litio, Berilio, Boro, Sodio, Magnesio, Aluminio, Silicio, Fosforo, Potasio, Calcio, Titanio, Vanadio, Cromo, Manganeso, Hierro, Cobalto, Níquel, Cobre, Zinc, Selenio, Arsénico, Estroncio, Molibdeno, Plata, Cadmio, Estaño, Antimonio, Teluro, Bario, Wolframio, Mercurio, Talio, Plomo, Bismuto, Uranio: EPA 6020A Inductively coupled plasma-mass spectrometry.

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este Informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
 Los resultados de los ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

 Callao, 09 de Febrero del 2018
 DV

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

ING. ROSA PALOMINO LOO
 C.I.P. N° 40302
 JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

CALLAO
 Oficina Principal
 Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
 T. (511) 319 9000
 info@cerper.com - www.cerper.com

CHIMBOTE
 Urb. José Carlos Mariátegui s/n
 Centro Cívico, Nuevo Chimbote
 T. (043) 311 048

PIURA
 Urb. Angamos IE Av. Panamericana
 Nro. 0 Mz-A Lote - 02 - Piura
 T. (073) 322 908 / 9975 63161

ANEXO 3: ECA para suelos



AMBIENTE

Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo

DECRETO SUPREMO
N° 002-2013-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2° de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, según el artículo I del Título Preliminar de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como a sus componentes asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país;

Que, el artículo 3° de la Ley N° 28611, referido al rol de Estado en materia ambiental, dispone que éste a través de sus entidades y órganos correspondientes diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha Ley;

Que, el artículo 31° de la Ley N° 28611, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. El ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas; así como referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental;

Que, de conformidad con el literal d) del artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, este Ministerio tiene como función específica elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), que deberán contar con la opinión del sector correspondiente, debiendo ser aprobados o modificados mediante Decreto Supremo;

Que, la Política Nacional del Ambiente, aprobada mediante Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM, consigna entre los Lineamientos de Política del Eje 2: Gestión Integrada de la Calidad Ambiental, referidos al control integrado de la contaminación, el de contar con parámetros de contaminación para el control y mantenimiento de la calidad del aire, agua y suelo;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 225-2012-MINAM, se aprobó el Plan de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para el Período 2012-2013, estando programada la elaboración del ECA para Suelo;

Que, asimismo, la Agenda Nacional de Acción Ambiental – AgendAmbiente 2013-2014, aprobada por Resolución Ministerial N° 026-2013-MINAM, establece en su Objetivo 9 – Prevenir y Disminuir la Contaminación de los Suelos, la aprobación e implementación de los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo, por el Ministerio del Ambiente;

Que, en el marco de lo dispuesto en el Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales aprobada por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, la propuesta normativa fue sometida a Consulta Pública, habiéndose recibido aportes y comentarios para su formulación;

Que, en ese sentido, corresponde aprobar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, conforme a lo establecido en el artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013;

De conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, el Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente y el artículo 118° de la Constitución Política del Perú.

DECRETA:

Artículo 1°.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo

Apruébese los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, contenidos en el Anexo I del presente Decreto Supremo.

Artículo 2°.- Ámbito de Aplicación

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo son aplicables a todo proyecto y actividad, cuyo desarrollo dentro del territorio nacional genere o pueda generar riesgos de contaminación del suelo en su emplazamiento y áreas de influencia.

Artículo 3°.- Definiciones

Para los fines de la presente norma, se utilizarán las definiciones contenidas en el Anexo II del presente Decreto Supremo.

Artículo 4°.- Prohibición de mezcla de suelos

Prohíbese la adición de un suelo no contaminado a un suelo contaminado, con la finalidad de reducir la concentración de uno o más contaminantes para alcanzar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo.

Artículo 5°.- Instrumentos de Gestión Ambiental y el ECA para Suelo

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo son referente obligatorio en el diseño y aplicación de

todos los instrumentos de gestión ambiental, lo que incluye planes de descontaminación de suelos o similares.

Artículo 6°.- Aplicación del ECA para Suelo para proyectos nuevos

Para el caso de proyectos nuevos, los titulares están obligados a determinar como parte de su Instrumento de Gestión Ambiental, la concentración de las sustancias químicas, que caracteriza sus actividades extractivas, productivas o de servicios, en el suelo de su emplazamiento y áreas de influencia, estén o no comprendidas en el Anexo I de la presente norma, lo que constituirá su nivel de fondo.

En base a lo señalado en el párrafo precedente, se establecerán los mecanismos y acciones a incluir en la estrategia de manejo ambiental, medidas o planes del Instrumento de Gestión Ambiental correspondiente.

Artículo 7°.- Aplicación de ECA para Suelo para actividades en curso

Los titulares con actividades en curso deberán actualizar sus instrumentos de gestión ambiental aprobados por la autoridad competente, en concordancia con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, en un plazo no mayor de doce (12) meses, contados a partir de la vigencia del presente Decreto Supremo.

Artículo 8°.- Planes de Descontaminación de Suelos (PDS)

Cuando se determine la existencia de un sitio contaminado derivado de las actividades extractivas, productivas o de servicios, el titular debe presentar el Plan de Descontaminación de Suelos (PDS), el cual es aprobado por la autoridad competente.

El PDS determina las acciones de remediación correspondientes, tomando como base los estudios de caracterización de sitios contaminados, en relación a las concentraciones de los parámetros regulados en el Anexo I. En caso el nivel de fondo de un sitio excediera el ECA correspondiente para un parámetro determinado, se utilizará dicho nivel como concentración objetivo de remediación.

Para sitios afectados mayores a 10000 m², se podrá tomar como base los niveles de remediación que se determinen del estudio de evaluación de riesgos a la salud y al ambiente, a cargo del titular de la actividad. Para el caso de la evaluación de riesgos a la salud humana, la autoridad competente requerirá la opinión técnica favorable de la Autoridad de Salud, previa a la aprobación del PDS.

Las entidades de fiscalización ambiental o autoridades competentes podrán identificar sitios contaminados y exigir, a través de estas últimas, la elaboración de Planes de Descontaminación de Suelos, que deberán ser presentados en un plazo no mayor de doce (12) meses, contados desde la fecha de notificación al titular de la actividad extractiva, productiva o de servicios, responsable de la implementación de las medidas de remediación correspondientes.

El plazo para la ejecución del PDS no será mayor a tres (03) años, contados desde la fecha de aprobación del mismo. Solo por excepción y en caso técnicamente justificado, se podrá ampliar este plazo por un (01) año como máximo.

Artículo 9°.- Descontaminación de Suelos derivados de una emergencia

En casos de emergencia, el titular deberá activar el Plan de Contingencia correspondiente, procediendo a ejecutar inmediatamente las acciones de remediación destinadas a reducir los impactos ocasionados. En caso el titular de la actividad no contara con este instrumento, ello no lo exime de la ejecución inmediata de medidas destinadas a cumplir con los ECA de suelo vigentes. En ambos casos señalados anteriormente, el cronograma de remediación es remitido a la entidad de fiscalización ambiental correspondiente para el seguimiento del cumplimiento del mismo.

Artículo 10°.- Planes de Descontaminación de Suelos (PDS) derivados de actividades extractivas, productivas o de servicios

Los titulares con actividades en curso, cuenten o no con un instrumento de gestión ambiental aprobado o vigente, deberán realizar un muestreo exploratorio del

suelo dentro del emplazamiento y áreas de influencia de sus actividades extractivas, productivas o de servicios, debiendo comunicar los resultados obtenidos a la autoridad competente y a la entidad de fiscalización ambiental correspondiente.

Si como resultado del muestreo señalado encontrasen sitios contaminados, deberán presentar el Plan de Descontaminación de Suelos respectivo a la autoridad competente para su aprobación, en un plazo no mayor de doce (12) meses, contados a partir de la vigencia del presente Decreto Supremo.

Artículo 11°.- Análisis de Muestras

El análisis de las muestras de suelo deberá ser realizado por laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI), para los métodos de ensayo señalados en el Anexo I de la presente norma. En tanto no se disponga de laboratorios acreditados se utilizarán los laboratorios aceptados expresamente por las autoridades competentes.

Artículo 12°.- Contaminantes no comprendidos en el Anexo I

En caso que la actividad genere o maneje sustancias químicas no comprendidas en el Anexo I, se aplicará lo establecido en el numeral 33.3 del artículo 33° de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.

Artículo 13°.- Incumplimiento de las obligaciones

El incumplimiento de las obligaciones comprendidas en la presente norma constituye infracciones administrativas sancionables por las entidades de fiscalización ambiental, para lo cual se encuentran facultadas a ejercer las acciones de supervisión y fiscalización correspondientes.

La responsabilidad administrativa será objetiva e independiente de la responsabilidad civil o penal que pudiera derivarse por los mismos hechos.

Artículo 14°.- Fondos de Garantía

Las autoridades competentes deben establecer mecanismos para generar fondos de garantía que aseguren el cumplimiento del Plan de Descontaminación de Suelos por parte de los titulares de las actividades extractivas, productivas y de servicios.

Artículo 15°.- Revisión del ECA para suelo

El Ministerio del Ambiente complementará o modificará, mediante Decreto Supremo, lo dispuesto en la presente norma.

Artículo 16°.- Vigencia

El presente Decreto Supremo entrará en vigencia al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

Artículo 17°.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Primera.- El Ministerio del Ambiente aprobará la Guía para Muestreo de Suelos y la Guía para la Elaboración de Planes de Descontaminación de Suelos en un plazo no mayor de tres (03) meses, contados a partir de la vigencia del presente Decreto Supremo.

Segunda.- El Ministerio del Ambiente aprobará la Guía para la Elaboración de Estudios de Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente, en un plazo no mayor de seis (06) meses, contados a partir de la vigencia del presente Decreto Supremo, sin perjuicio del cumplimiento de los Planes de Descontaminación de Suelos aprobados.

Tercera.- Para el caso de pasivos ambientales de hidrocarburos y de minería, se utilizarán los ECA para suelo aprobados mediante la presente norma, bajo los procedimientos establecidos en la Ley N° 29134, Ley que Regula los Pasivos Ambientales del Subsector Hidrocarburos y su Reglamento, así como en la Ley N° 28271, Ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera, su Reglamento y la Ley N° 28090, Ley que regula el Cierre de minas y su Reglamento.

Cuarta.- El Ministerio del Ambiente, mediante Resolución Ministerial, dictará las normas complementarias para la mejor aplicación del presente Decreto Supremo.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veinticuatro días del mes de marzo del año dos mil trece.

OLLANTA HUMALA TASSO
Presidente Constitucional de la República

MANUEL PULGAR-VIDAL OTALORA
Ministro del Ambiente

ANEXO I

ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA SUELO

N°	Parámetros	Usos del Suelo			Método de ensayo
		Suelo Agrícola	Suelo Residencial/ Parques	Suelo Comercial/ Industrial/ Extractivos	
I Orgánicos					
1	Benceno (mg/kg MS)	0,03	0,03	0,03	EPA 8260-B EPA 8021-B
2	Tolueno (mg/kg MS)	0,37	0,37	0,37	EPA 8260-B EPA 8021-B
3	Etilbenceno (mg/kg MS)	0,082	0,082	0,082	EPA 8260-B EPA 8021-B
4	Xileno (mg/kg MS)	11	11	11	EPA 8260-B EPA 8021-B
5	Naftaleno (mg/kg MS)	0,1	0,6	22	EPA 8260-B
6	Fracción de hidrocarburos F1 (C5-C10) (mg/kg MS)	200	200	500	EPA 8015-B
7	Fracción de hidrocarburos F2 (C10-C28) (mg/kg MS)	1 200	1 200	5 000	EPA 8015-M
8	Fracción de hidrocarburos F3 (C28-C40) (mg/kg MS)	3 000	3 000	6 000	EPA 8015-D
9	Benzo(a) pireno (mg/kg MS)	0,1	0,7	0,7	EPA 8270-D
10	Bifenilos policlorados - PCB (mg/kg MS)	0,5	1,3	33	EPA 8270-D
11	Aldrin (mg/kg MS) ₍₁₎	2	4	10	EPA 8270-D
12	Endrín (mg/kg MS) ₍₁₎	0,01	0,01	0,01	EPA 8270-D
13	DDT (mg/kg MS) ₍₁₎	0,7	0,7	12	EPA 8270-D
14	Heptacloro (mg/kg MS) ₍₁₎	0,01	0,01	0,01	EPA 8270-D
II Inorgánicos					
15	Cianuro libre (mg/kg MS)	0,9	0,9	8	EPA 9013-AVAPHA-AWWA-WEF 4500 CN F
16	Arsénico total (mg/kg MS) ₍₂₎	50	50	140	EPA 3050-B EPA 3051
17	Bario total (mg/kg MS) ₍₂₎	750	500	2 000	EPA 3050-B EPA 3051
18	Cádmio total (mg/kg MS) ₍₂₎	1,4	10	22	EPA 3050-B EPA 3051
19	Cromo VI (mg/kg MS)	0,4	0,4	1,4	DIN 19734
20	Mercurio total (mg/kg MS) ₍₂₎	6,6	6,6	24	EPA 7471-B
21	Plomo total (mg/kg MS) ₍₂₎	70	140	1 200	EPA 3050-B EPA 3051

EPA: Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos)

DIN: German Institute for Standardization

MS: materia seca a 105 °C, excepto para compuestos orgánicos y mercurio no debe exceder 40 °C, para cianuro libre se debe realizar el secado de muestra fresca en una estufa a menos de 10 °C por 4 días. Luego de secada la muestra debe ser tamizada con malla de 2 mm. Para el análisis se emplea la muestra tamizada < 2mm.

Nota 1: Plaguicidas regulados debido a su persistencia en el ambiente, en la actualidad está prohibido su uso, son Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP).

Nota 2: Concentración de metales totales.

ANEXO II

DEFINICIONES

Autoridad competente: Entidad del Estado del nivel nacional, regional o local que con arreglo a sus atribuciones y según lo disponga su normativa específica ejerce competencia en materia de evaluación de impacto ambiental, en el marco de lo establecido por la Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, su Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, y demás disposiciones complementarias o modificatorias.

Caracterización de sitios contaminados: Determinación cualitativa y cuantitativa de los contaminantes químicos o biológicos presentes, provenientes de materiales o residuos peligrosos, para estimar la magnitud y tipo de riesgos que conlleva dicha contaminación.

Contaminante: Cualquier sustancia química que no pertenece a la naturaleza del suelo o cuya concentración excede la del nivel de fondo susceptible de causar efectos nocivos para la salud de las personas o el ambiente.

Emergencia: Cuando la contaminación del sitio derive de una circunstancia o evento, indeseado o inesperado, que ocurra repentinamente y que traiga como resultado la liberación no controlada, incendio o explosión de uno o varios materiales peligrosos o residuos peligrosos que afecten la salud humana o el ambiente, de manera inmediata.

Entidad de fiscalización ambiental: Entidad del Estado del nivel nacional, regional o local que tiene atribuida de forma expresa alguna o todas las funciones comprendidas en el macroproceso de fiscalización ambiental (evaluación, supervisión, fiscalización y sanción), en el marco de lo establecido por la Ley N° 29325, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental, y demás disposiciones complementarias o modificatorias.

Evaluación de riesgos a la salud y el ambiente: Es el estudio que tiene por objeto definir si la contaminación existente en un sitio representa un riesgo tanto para la salud humana como para el ambiente, así como los niveles de remediación específicos del sitio en función del riesgo aceptable y las acciones de remediación que resulten necesarias.

Fracción de hidrocarburos F1 o hidrocarburos fracción ligera: Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contienen entre cinco y diez átomos de carbono (C₅ a C₁₀). Los hidrocarburos fracción ligera deben analizarse en los siguientes productos contaminantes: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, gasavión, gasolvente, gasolinas, gas nafta.

Fracción de hidrocarburos F2 o hidrocarburos fracción media: Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contienen entre diez y veintiocho átomos de carbono (C₁₀ a C₂₈). Los hidrocarburos fracción media deben analizarse en los siguientes productos contaminantes: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, gasóleo, diesel, turbotina, queroseno, mezcla de creosota, gasavión, gasolvente, gasolinas, gas nafta.

Fracción de hidrocarburos F3 o hidrocarburos fracción pesada: Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contienen entre veintiocho y cuarenta átomos de carbono (C₂₈ a C₄₀). Los hidrocarburos fracción pesada deben analizarse en los siguientes productos contaminantes: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, combustóleo, parafinas, petrolatos, aceites derivados del petróleo.

Nivel de fondo: Concentración en el suelo de los químicos regulados que no fueron generados por la actividad objeto de análisis y que se encuentran en el suelo de manera natural o fueron generados por alguna fuente antropogénica ajena a la considerada.

Plan de Descontaminación de Suelos: Instrumento de gestión ambiental que tiene por finalidad remediar los impactos ambientales originados por una o varias actividades pasadas o presentes en los suelos. Los tipos de acciones de remediación que se podrán aplicar,

sola o en combinaciones, son: acciones de remediación para la eliminación de los contaminantes del sitio, acciones para evitar la dispersión de los contaminantes, acciones para el control del uso del suelo, y acciones para monitoreo del sitio contaminado. La presentación del Plan de Descontaminación de Suelos no exime de la responsabilidad de elaborar y presentar ante la autoridad competente, los demás instrumentos de gestión ambiental propios de la actividad.

Parámetro: Cualquier elemento o sustancia química del suelo que define su calidad y que se encuentra regulado por el presente Decreto Supremo.

Remediación: Tarea o conjunto de tareas a desarrollarse en un sitio contaminado con la finalidad de eliminar o reducir contaminantes, a fin de asegurar la protección de la salud humana y la integridad de los ecosistemas.

Sitio contaminado: Aquel suelo cuyas características químicas han sido alteradas negativamente por la presencia de sustancias químicas contaminantes depositadas por la actividad humana, en concentraciones tal que en función del uso actual o previsto del sitio y sus alrededores represente un riesgo a la salud humana o el ambiente.

Suelo: Material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad.

Suelo agrícola: Suelo dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. Esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora y fauna nativa, como es el caso de las áreas naturales protegidas.

Suelo comercial: Suelo en el cual, la actividad principal que se desarrolla está relacionada con operaciones comerciales y de servicios.

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

Suelo residencial/parques: Suelo ocupado por la población para construir sus viviendas: incluyendo áreas verdes y espacios destinados a actividades de recreación y de esparcimiento.

916305-1
