

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS
NATURALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE
RECURSOS NATURALES



“FITORREMEDIACIÓN CON *Ricinus communis* PARA EL
TRATAMIENTO DE SUELOS CONTAMINADOS CON PLOMO”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

AUTORES:

Bach. FERNANDO ARTURO RECHARTE TELLO

Bach. RICARDO ALEXANDER MEJÍA RODRÍGUEZ

Bach. VLADIMIR ILICH FAJARDO CUEVAS

ASESORA:

Ms.C. MARÍA TERESA VALDERRAMA ROJAS

Callao, septiembre, 2018

PERÚ

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

COMISION DE GRADOS Y TITULOS
ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE
INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES
N° 006-2018-JEDT-FIARN

Siendo las 14:20 horas del día viernes 07 de setiembre de 2018, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales ubicado en la Av. Juan Pablo II 306-Bellavista-Callao; se dio inicio a la Sustentación de la Tesis titulada "FITORREMEDIACIÓN CON *Ricinus communis* PARA EL TRATAMIENTO DE SUELOS CONTAMINADOS CON PLOMO" presentada para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales de los Bachilleres Fernando Arturo Recharte Tello, Ricardo Alexander Mejía Rodríguez y Vladimir Ilich Fajardo Cuevas.

Contando con la asistencia del Jurado Evaluador y Asesora a fin de dar cumplimiento a la Resolución N° 046-2018-D-FIARN de fecha 03 de setiembre de 2018, los mismos que están integrados por los siguientes docentes:

Lic. Janet Mamani Ramos	Presidenta
Ing. María Antonieta Gutiérrez Díaz	Secretaria
Ing. Godofredo Teodoro León Ramírez	Vocal
MsC. María Teresa Valderrama Rojas	Asesora

Terminada la exposición y la absolución de las preguntas del Jurado Evaluador, se invita a los Bachilleres y al público en general se retiren del Auditorio para las deliberaciones del caso.

Luego de las deliberaciones el Jurado Evaluador acuerda **APROBAR POR UNANIMIDAD**, no habiendo observación alguna con el Calificativo de **MUY BUENO** y con ello dar por concluido el proceso de Sustentación de Tesis.

En señal de conformidad firman el Jurado Evaluador y Asesor, siendo las 15:40 horas del día 07 de setiembre de 2018.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
OFICINA DE SECRETARIA GENERAL

Lic. Janet Mamani Ramos *[Firma]* Ing. María Antonieta Gutiérrez Díaz *[Firma]*
Presidenta *[Firma]* Secretaria

Se expide la presente certificación a solicitud del (a) interesado (a) para los fines que juzgue conveniente

Callao, 07 de OCT. 2018 del 20 *[Firma]*

Ing. Godofredo T. León Ramírez *[Firma]* MsC. María Teresa Valderrama Rojas *[Firma]*
Vocal Asesora



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
Oficina de Secretaría General

[Firma]
Lic. César Guillermo Jauregui Villafuerte
Secretario General

DEDICATORIA

A nuestros padres, hermanos y demás familiares por su constante apoyo en el cumplimiento de nuestros objetivos profesionales.

AGRADECIMIENTO

A nuestras familias, quienes con su soporte nos ayudaron a concluir esta investigación.

A la profesora María Teresa Valderrama Rojas asesora de esta tesis que nos ha orientado, apoyado y corregido, con interés y una gran entrega.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	3
CAPÍTULO I.....	5
PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.1. Identificación del problema	5
1.2. Formulación del problema	7
1.3. Objetivos de la investigación	7
1.3.1. Objetivo general	7
1.3.2. Objetivos específicos.....	7
1.4. Justificación.....	7
1.5. Importancia.....	9
1.5.1. Ambiental	9
1.5.2. Social.....	9
1.5.3. Económica	9
1.5.4. Legal.....	10
CAPÍTULO II	11
MARCO TEÓRICO	11
2.1. Antecedentes del estudio.....	11
2.2. Marco conceptual	14
2.2.1. Contaminación de suelos	14
2.2.2. Recuperación de los suelos o métodos de fitorremediación	15
2.2.3. Mecanismos de absorción, translocación y tolerancia	18
2.2.4. Biodisponibilidad del metal pesado	18
2.2.5. Plomo (Pb).....	19
2.2.6. Organismo vegetal <i>Ricinus communis</i> (Higuerilla)	19
2.3. Definiciones de términos.....	21
CAPÍTULO III	28
VARIABLES E HIPÓTESIS	28
3.2. Operacionalización de variables	28

3.2.1.	Operacionalización de la variable independiente	28
3.2.2.	Operacionalización de la variable dependiente	29
3.3.	Hipótesis general	29
CAPÍTULO IV	30
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	30
4.1.	Tipo de investigación.....	30
4.2.	Diseño de investigación	30
4.3.	Población y muestra.....	31
4.3.1.	Población	31
4.3.2.	Muestra	31
4.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	31
4.4.1.	Técnicas de recolección de datos	31
4.4.2.	Instrumentos de recolección de datos	32
4.5.	Procedimientos y recolección de datos.....	33
4.5.1.	Identificación de los puntos de muestreo y contaminante en el área	33
4.5.2.	Recolección y germinación del <i>Ricinus communis</i>	34
4.5.3.	Preparación de los sustratos.....	34
4.5.4.	Caracterización fisicoquímica inicial de los sustratos.....	36
4.5.5.	Preparación de las unidades experimentales y tratamientos de análisis	36
4.5.6.	Caracterización morfométrica del <i>Ricinus communis</i>	38
4.5.7.	Caracterización fisicoquímica final de los sustratos y determinación de plomo en el <i>Ricinus communis</i>	38
4.6.	Procesamiento estadístico y análisis de datos	39
CAPÍTULO V	40
RESULTADOS	40
5.1.	Resultado de contenido inicial de plomo en el suelo.	40
5.2.	Resultado de concentración inicial de plomo en los tratamientos.....	41
5.3.	Resultado de caracterización físico – químico del suelo	41
5.4.	Resultado de evaluación de la tolerancia del <i>Ricinus communis</i> a diferentes concentraciones de plomo (tratamientos).....	42
5.5.	Resultados de la caracterización morfométrica	43
5.5.1.	Longitud de tallo principal.....	43
5.5.2.	Longitud de raíz principal	43
5.5.3.	Número de hojas	44

5.5.4.	Peso húmedo.....	44
5.6.	Resultado de concentración de plomo en los suelos y % de remoción.....	45
5.7.	Resultado de concentración de plomo en el <i>Ricinus communis</i>	46
5.7.1.	Resultado de concentración de plomo en la raíz y parte aérea de la planta 46	
5.7.2.	Resultado de concentración total de plomo en la planta	47
5.8.	Factor de traslocación del <i>Ricinus communis</i>	50
5.9.	Factor de bioconcentración del <i>Ricinus communis</i>	51
5.9.1.	Factor de bioconcentración en la raíz de la planta	51
5.9.2.	Factor de bioconcentración en la parte aérea de la planta.....	52
CAPÍTULO VI.....		53
DISCUSIÓN DE RESULTADOS		53
6.1.	Contrastación de hipótesis con los resultados	53
6.2.	Contrastación de los resultados con otros estudios similares	55
CAPÍTULO VII.....		58
CONCLUSIONES		58
CAPÍTULO VIII.....		61
RECOMENDACIONES		61
CAPÍTULO IX.....		63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		63
CAPÍTULO X.....		70
APÉNDICE		70
A)	Matriz de consistencia.....	70
B)	Mapa de muestreo.....	71
C)	Panel fotográfico.....	72
D)	Resumen de resultados de laboratorio.....	81
E)	Gráficos de análisis estadístico	82
CAPÍTULO XI.....		84
ANEXOS		84
A)	Notas periodísticas	84
B)	Tablas para el muestreo.....	86
C)	DS N° 011-2017-MINAM Estándares de Calidad Ambiental para Suelo	88
D)	Informes de ensayo de laboratorio.....	92

TABLAS DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS

TABLA N° 2.1:	COMPARACIÓN DE COSTOS DE LA FITORREMEDIACIÓN FRENTE A TRATAMIENTOS TRADICIONALES
TABLA N° 4.1:	PARÁMETROS Y TÉCNICAS DE ANÁLISIS
TABLA N° 5.1:	CONCENTRACIÓN INICIAL DE PLOMO EN EL SUELO
TABLA N° 5.2:	CONCENTRACIÓN INICIAL DE PLOMO EN LOS TRATAMIENTOS
TABLA N° 5.3:	CARACTERIZACIÓN FÍSICO - QUÍMICO INICIAL DEL SUELO
TABLA N° 5.4:	CARACTERIZACIÓN FÍSICO - QUÍMICO FINAL DEL SUELO
TABLA N° 5.5:	PROMEDIOS DE LONGITUD DE TALLO PRINCIPAL DE CADA TRATAMIENTO
TABLA N°5.6:	PROMEDIOS DE TAMAÑO DE RAÍZ PRINCIPAL DE CADA TRATAMIENTO
TABLA N°5.7:	PROMEDIOS DE NÚMERO DE HOJAS DE CADA TRATAMIENTO
TABLA N°5.8:	PROMEDIOS DE PESO HÚMEDO DE CADA TRATAMIENTO
TABLA N° 5.9:	CONCENTRACIÓN FINAL PROMEDIO DE PLOMO EN EL SUELO Y % DE REMOCIÓN
TABLA N° 5.10:	CONCENTRACIÓN FINAL PROMEDIO DE PLOMO EN LA RAÍZ, PARTE AÉREA Y ORGANISMO VEGETAL (<i>Ricinus communis</i>)
TABLA N° 5.11:	CONCENTRACIÓN TOTAL DE PLOMO EN LA PLANTA (<i>Ricinus communis</i>)
TABLA N° 5.12:	PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS
TABLA N° 5.13:	INFORMACIÓN DE FACTOR
TABLA N° 5.14:	ANÁLISIS DE VARIANZA
TABLA N° 5.15:	RESUMEN DE MODELO
TABLA N° 5.16:	MEDIAS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO
TABLA N° 5.17:	COMPARACIONES EN PAREJAS DE TUKEY
TABLA N°5.18:	FACTOR DE TRASLOCACIÓN POR TRATAMIENTO
TABLA N°5.19:	FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN EN LA RAÍZ DE LA PLANTA POR TRATAMIENTO

TABLA N°5.20: FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN EN LA PARTE AÉREA DE LA PLANTA POR TRATAMIENTO

TABLA N°10.1: RESUMEN DE RESULTADOS FINALES DE CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN EL SUELO Y EN EL *Ricinus communis*

LISTA DE FIGURAS

FIGURA N°4.1: ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN DE TRATAMIENTOS

FIGURA N°10.1: ÁREA DE MUESTREO – ASENTAMIENTO HUMANO VIRGEN DE GUADALUPE – MI PERÚ

FIGURA N°10.2: PUNTO DE MUESTREO – EL MIRADOR

FIGURA N°10.3: EXTRACCIÓN DE SUELO DE UN PUNTO DE MUESTREO

FIGURA N°10.4: ACETATO DE PLOMO PARA CONTAMINACIÓN DE SUSTRATO

FIGURA N°10.5: CONTAMINANTE PREPARADO PARA AUMENTAR LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO DE LOS SUSTRATOS

FIGURA N°10.6: SEMILLAS DEL *Ricinus communis*

FIGURA N°10.7: CULTIVO DE SEMILLAS DE *Ricinus communis*

FIGURA N°10.8: TRASPLANTE DEL *Ricinus communis* A MACETEROS LUEGO DE 2 MESES DE CULTIVADOS (TIEMPO "0")

FIGURA N°10.9: MACETEROS LUEGO DE 15 DÍAS DE TRASPLANTAR

FIGURA N°10.10: MACETEROS LUEGO DE 100 DÍAS DE TRATAMIENTO

FIGURA N°10.11: MUESTREO DESTRUCTIVO DEL *Ricinus communis*

FIGURA N°10.12: MEDICIÓN DE LA RAÍZ PRINCIPAL DEL *Ricinus communis*

FIGURA N°10.13: MEDICIÓN DEL TALLO PRINCIPAL DEL *Ricinus communis*

FIGURA N°10.14: MEDICIÓN DE PESO HÚMEDO DEL *Ricinus communis*

FIGURA N°10.15: CONTEO DE LAS HOJAS DEL *Ricinus communis*

FIGURA N°11.1: NOTA PERIODÍSTICA DE LA CONTAMINACIÓN DE PLOMO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO VIRGEN DE GUADALUPE – MI PERÚ.

FIGURA N°11.2: NOTA PERIODÍSTICA DE LA CONTAMINACIÓN DE PLOMO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO VIRGEN DE GUADALUPE – MI PERÚ.

FIGURA N°11.3: NÚMERO MÍNIMO DE PUNTOS DE MUESTREO PARA EL MUESTREO DE IDENTIFICACIÓN

FIGURA N°11.4: RECIPIENTES, TEMPERATURA DE PRESERVACIÓN Y TIEMPO DE CONSERVACIÓN DE MUESTRAS

FIGURA N°11.5: TABLA DE PROFUNDIDAD DEL MUESTREO SEGÚN USO DEL SUELO

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO N° 5.1: FACTOR DE TRASLOCACIÓN DE CADA REPETICIÓN VS TRATAMIENTO

GRÁFICO N°5.2: FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN EN LA RAÍZ DE CADA REPETICIÓN VS TRATAMIENTO

GRÁFICO N°5.3: FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN EN LA PARTE AÉREA DE CADA REPETICIÓN VS TRATAMIENTO

GRÁFICO N°10.1 GRÁFICA DE INTERVALOS DE CONCENTRACIÓN DE PLOMO VS TRATAMIENTO

GRÁFICO N°10.2 GRÁFICA DE COMPARACIONES EN PAREJAS DE TUKEY

RESUMEN

A través de los años se ha podido evidenciar el impacto ambiental que se originó por la sinergia de las industrias dedicadas al reciclaje de baterías, fundición de metales, fábricas de cobre, detergentes, alimentos y tratamientos de residuos oleosos, ubicados contiguamente al Asentamiento Humano Virgen de Guadalupe de Mi Perú – Callao. En este aspecto, se identificó que la cantidad de plomo original en el suelo de esta zona es de 221.2 mg/kg, concentración que es superior a lo establecido en el Estándar de Calidad Ambiental del Suelo para Uso de Suelo Residencial y/o Parques (DS N° 011-2017-MINAM). Ante esta problemática, se elaboró la presente tesis que tiene como objetivo proponer la fitorremediación con *Ricinus communis* para el tratamiento de suelos contaminados con plomo. Además, se preparó suelos a diferentes concentraciones de plomo a partir del nivel original; los cuales fueron de 458.62 mg/kg, 704.36 mg/kg, 955.94 mg/kg y 1210.32 mg/kg de plomo, para lo cual se consideró tres repeticiones por cada tratamiento, así se evaluó la tolerancia del *Ricinus communis* al plomo. Los resultados obtenidos de acuerdo al análisis estadístico planteado para un nivel de confianza de 0.05 indican que el *Ricinus communis* fitorremedió mejor en suelos con concentración de plomo entre 221.2 mg/kg y 458.62 mg/kg de Pb acumulando en su organismo vegetal un promedio de 57.41 mg/kg y 45.32 mg/kg de Pb respectivamente; y

además, para el tratamiento de 221.2 mg/kg de Pb se disminuyó su concentración hasta niveles inferiores al Estándar de Calidad del Suelo para Uso de Suelo Residencial y/o Parques. Finalmente, se realizó los cálculos correspondientes para hallar los factores de traslocación y bioconcentración. Donde, con el factor de bioconcentración se determinó que el *Ricinus communis* no se considera como una planta hiperacumuladora, más bien entraría en la clasificación de una especie exclusora y con el factor de traslocación se llegó a la conclusión de que esta planta es un fitorremediador del tipo fitoestabilizador; debido a que, limita la absorción del contaminante por la raíz y reduce la movilidad de este a otros tejidos de la planta; proponiendo esta planta para casos de contaminación de plomo en suelos que requiera de un tratamiento del tipo fitoestabilizador.

ABSTRACT

Through the years it has been possible to demonstrate the environmental impact that was originated by the synergy of the industries dedicated to the recycling of batteries, metal smelting, copper factories, detergents, food and oily waste treatments, located next to the Virgin Human Settlement of Guadalupe de Mi Perú - Callao. In this regard, it was identified that the amount of original lead in the soil in this area is 221.2 mg/kg, which is higher than what is established in the Soil Environmental Quality Standard for the Use of Residential Land and/or Parks (DS N°011-2017-MINAM). Faced with this problem, the present thesis was prepared with the objective of proposing phytoremediation with *Ricinus communis* for the treatment of soil contaminated with lead. In addition, soils were prepared at different concentrations of lead from the original level; which were 458.62 mg/kg, 704.36 mg/kg, 955.94 mg/kg and 1210.32 mg/kg of lead, for which three repetitions were considered for each treatment, thus the tolerance of *Ricinus communis* to lead was evaluated. The results obtained according to the statistical analysis proposed for a confidence level of 0.05 indicate that *Ricinus communis* phytoremediated better in soils with lead concentration between 221.2 mg/kg and 458.62 mg/kg of Pb, accumulating an average of 57.41 mg / kg and 45.32 mg/kg of Pb respectively; and in addition, for the treatment of 221.2 mg/kg of Pb, its concentration

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación del problema

El problema ambiental generado por la contaminación del plomo en los últimos años ha cobrado mucha importancia. Considerando que más de las tres cuartas partes del consumo mundial de plomo corresponden a la fabricación de baterías de plomo-ácido para vehículos de motor. Sin embargo, este metal también se utiliza en muchos otros productos, como pigmentos, pinturas, material de soldadura, vidrieras, vajillas de cristal, municiones, esmaltes cerámicos, artículos de joyería y juguetes, así como en algunos productos cosméticos y medicamentos tradicionales. En la actualidad, buena parte del plomo comercializado en los mercados mundiales se obtiene por medio del reciclaje. (Organismo Mundial de Salud, 2016)

En el ámbito nacional se hace uso del plomo reciclable debido a su reducción de costos, en el límite entre Ventanilla y Mi Perú, la cantidad de plomo en el aire ha ido en ascenso. Las mediciones de la Dirección Regional de Salud (DIRESA) del Callao encontraron en el 2012 que en cada metro cúbico de aire había 0,42 microgramos de plomo. En el 2015, se llegó al nivel histórico más alto: 2,46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Quiere decir que en ese tiempo la cantidad de ese metal en el aire se multiplicó por seis y está por

encima del 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que permite la norma internacional (Guías para la Calidad del Aire OMS). Estos valores se registraron en la estación de monitoreo instalada en el colegio nacional Arturo Padilla, ubicada junto al Asentamiento Humano Virgen de Guadalupe, donde viven unas 2000 personas. Este plantel de primaria colinda con el parque industrial de Ventanilla, en el que operan empresas que trabajan con plomo. (El Comercio, 2016)

Identificándose así que la contaminación por plomo, en el suelo del Asentamiento Humano Virgen de Guadalupe de Mi Perú - Callao, se encuentra por encima de los Estándares de Calidad Ambiental para Suelos de Uso Residencial/ Parques, deteriorando la calidad del mismo y como consecuencia exponiendo a los residentes lugareños a una sustancia tóxica que contamina la vegetación existente y que se va acumulando en el organismo humano, deteriorando su salud, con efectos especialmente dañinos en los menores de edad.

Es por ello, que en esta investigación estudiamos el tratamiento con el organismo vegetal *Ricinus communis* como una alternativa conveniente para reducir o degradar el plomo a partir del suelo proveniente de las actividades industriales en los alrededores del AA.HH. Virgen de Guadalupe, basado principalmente en la interacción de la planta, el suelo y algunos microorganismos. Otra ventaja de usar esta técnica es el bajo costo que tiene en comparación con otras técnicas de tratamiento de suelos.

1.2. Formulación del problema

¿La fitorremediación de suelos con *Ricinus communis* sería un método adecuado para tratar los suelos contaminados con plomo?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Proponer la fitorremediación con *Ricinus communis* para el tratamiento de suelos contaminados con plomo.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el contenido inicial de plomo en el suelo.
- Realizar la caracterización fisicoquímica inicial del suelo.
- Evaluar la tolerancia al plomo del *Ricinus communis* a diferentes concentraciones de plomo.
- Determinar el Factor de Traslocación del *Ricinus communis*.
- Determinar el Factor de Bioconcentración del *Ricinus communis*.
- Determinar la extracción de plomo del *Ricinus communis*.

1.4. Justificación

El motivo de la investigación surge fundamentalmente de la actual tendencia al incremento de la contaminación por altos niveles de plomo y su necesidad de control a nivel mundial, sobre todo en ciudades en crecimiento poblacional poco controlada y con poca eficiencia en cuanto al ordenamiento territorial, tal como es Lima Metropolitana. El aumento de estos niveles de plomo en los últimos tiempos no está siendo proporcional

con las medidas de control que se requieren para su atenuación; por lo que, los efectos que estos ocasionan en las poblaciones, son más incidentes y significativos que antes; dichas circunstancias son una de las razones que nos han llevado a plantear nuevas alternativas para mitigar dichos problemas en este ámbito.

Por otra parte, la existencia de un gran número y variedad de tratamientos de suelos hechos a partir de procesos químicos, térmicos, entre otros; que, por un lado, no son muy accesibles económicamente, nos ha generado la idea de buscar nuevas alternativas de remediación de suelos más económicas y que tanto su proceso de elaboración como su función contribuyan en forma positiva en el medio ambiente, y qué mejor que todo aquello se pueda llevar a cabo a través del aprovechamiento de una planta considerada como "maleza" denominada "*Ricinus communis*" o comúnmente llamada "Higuerilla" que posee una gran tolerancia a distintas condiciones ambientales, que se desarrolla a distintos pisos ecológicos y que no son utilizados o reaprovechados de forma significativa y simplemente son desterradas de los suelos por considerarlas no beneficiosas.

Dada la presencia de plomo en el suelo contaminado del AA.HH. Virgen de Guadalupe de Mi Perú y considerando que toda persona tiene derecho. "A la paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida". (Constitución Política del Perú, 1993). Es necesaria la creación e

implementación de métodos de control o reducción de la contaminación para el adecuado desarrollo y crecimiento poblacional. La presente investigación propondrá con un estudio a nivel experimental un método de tratamiento sustentable, empleando la fitorremediación con el *Ricinus communis* el cual presenta antecedentes y buenas características como especie fitorremediadora.

1.5. Importancia

1.5.1. Ambiental

Se aplicará técnicas de tratamiento de origen netamente natural y sostenible, sin provocar cambios físicos y/o químicos bruscos del suelo contaminado.

1.5.2. Social

Se logrará la remediación de los suelos contaminados con plomo en las zonas aledañas a fuentes de contaminación. También, se mejorará la calidad de vida de la población, y, además, se evitará la expansión del contaminante hacia otros cuerpos receptores.

1.5.3. Económica

Las técnicas de fitorremediación se caracterizan por ser de bajo costo y poca inversión para su mantenimiento. El uso de plantas nativas abarata los costos de tratamiento.

1.5.4. Legal

Dar cumplimiento a la constitución política del Perú en su artículo 123. "Todos tienen el derecho de habitar en ambiente saludable, ecológicamente equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida y la preservación del paisaje y la naturaleza. Todos tienen el deber de conservar dicho ambiente. Es obligación del Estado prevenir y controlar la contaminación ambiental.", y también, se cumplirá con el Estándar de Calidad Ambiental para Suelo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

La idea de utilizar la fitorremediación para eliminar los metales en suelos contaminados fue introducida en 1983, difundiéndose en 1990 por ser un tratamiento de bajo costo a comparación de los tratamientos convencionales de remediación de suelos. (Chaney, 1997)

La fitorremediación se desarrolló a lo largo de los años a través del estudio de diferentes especies de plantas que tuvieran la capacidad de eliminar los contaminantes presentes en un sustrato. (Vamerali et al., 2010) Además de notorias ventajas al usar las plantas para evitar que el viento, la lluvia y el agua subterránea transporten contaminantes lejos de los sitios a otras áreas. (International Journal Environment and Bioenergy, 2012)

Por otro parte, la fitorremediación ha generado mucho interés como tecnología rentable y respetuosa con el medio ambiente para la limpieza de contaminantes orgánicos e inorgánicos. La remediación ambiental basada en plantas ha sido ampliamente aceptada por científicos académicos e industriales como una tecnología de limpieza sostenible aplicable tanto en países desarrollados como en desarrollo. (Sharma et al., 2014)

Actualmente, se han identificado por lo menos 400 especies de plantas con el potencial para la remediación de suelos y aguas. Encontrándose que la especie vegetativa *Ricinus communis* posee una excelente capacidad de extraer metales tóxicos, así como algunos contaminantes orgánicos (Kuldeep et al, 2017), por ello tomamos como referencia las siguientes investigaciones basadas en el poder fitorremediador de dicha especie.

La investigación de Fitorremediación de plomo (Pb) y arsénico (As) con higuera (*Ricinus communis*) en asociación con micorrizas se basó en la evaluación de la capacidad fitoextractora de metales pesados del *Ricinus communis* en suelos contaminados con plomo y arsénico. Utilizo plantas (n=72), colocadas en macetas de plástico, agregándoles una combinación de tres concentraciones de plomo (0, 400 y 800 mg·kg⁻¹), dos de arsénico (0,40 mg·kg⁻¹) y tres de micorrizas (0, 5 y 10 g). Se evaluó crecimiento, tasa fotosintética y concentración de plomo y arsénico en raíz, tallo y hoja. La tasa fotosintética no presentó diferencias significativas a través del tiempo. Se detectó un gradiente de concentración de plomo de la raíz a la parte aérea de la planta. En la raíz ocurrió la mayor acumulación de este metal, con una media general de 280.78 mg·kg⁻¹ y el índice de bioacumulación supero la unidad en algunos tratamientos. La mayor concentración de arsénico se presentó en la raíz con una media general de 31.40 mg·kg⁻¹ y el índice de bioacumulación superó la unidad en algunos tratamientos. *Ricinus communis* tiene capacidad para acumular concentraciones de metales pesados principalmente en la raíz y en menor proporción en hoja

y tallos, por lo tanto, tiene potencial como cultivo para fitoestabilización en suelos contaminados. (Meza Nancy, 2014)

En el Estudio del desarrollo de la especie *Ricinus communis* cultivada en residuos mineros en condiciones de invernadero tuvo como objetivo investigar la tolerancia del *Ricinus communis* cultivada en sustratos preparados con una mezcla de jales y suelo no contaminado en las siguientes proporciones: 100% suelo, 50% suelo – 50% jales, 30% suelo – 70% jales y 100% jales, bajo condiciones de invernadero y en distintos tiempos. En el cual, se evaluó concentraciones de metales (Pb, Cu, Cr, Mn, Fe, Zn y As) en las raíces y tallos de las muestras, y se calculó el coeficiente de acumulación, así como el índice de traslocación. Se obtuvo que a 100 días de tratamiento con el sustrato preparado de 50% suelo – 50% jales la planta absorbió en la raíz 25.9 mg/kg de Pb y en la parte aérea 9.8 mg/kg de Pb y en el sustrato preparado de 30% suelo – 70% jales absorbió 40.4 mg/kg de Pb en la raíz y en la parte aérea 9.0 mg/kg de Pb. Además, los valores del coeficiente de acumulación respecto a Cr, Cu, Mn, Pb, Zn y Fe superan la unidad demostrando que el *Ricinus communis* es una planta hiperacumuladora. (Castillo, 2015)

La investigación de Capacidad de seis especies vegetales para acumular plomo en suelos contaminados uso especies vegetales como agentes descontaminantes de suelos contaminados por metales pesados. Evaluando el *Cenchrus ciliaris* a 90 días de tratamiento, *Helianthus annuus* a 50 días, *Ricinus communis* a 70 días, *Nicotiana tabacum* a 70 días,

Sorghum sudanense a 70 días y *Brassica campestris* a 50 días, que fueron cultivadas en macetas con un suelo de textura franco arenosa que se contaminó artificialmente con 500 y 1000 mg de Pb kg⁻¹ de suelo con el objetivo de evaluar su capacidad de acumular plomo. Las especies difirieron en su capacidad de acumular plomo. En el tratamiento de 500 mg de Pb kg⁻¹ de suelo el orden de estas capacidades (P<0.05) fueron: *N. tabacum* (3.27 y 3.08 mg de Pb kg⁻¹ en la materia seca total y en la parte aérea respectivamente) > *R. communis* > *C. ciliaris* > *S. sudanense* > *B. campestris* > *H. annuus*. Mientras que en el tratamiento de 1000 mg de Pb kg⁻¹ de suelo el orden (P<0.05) fue: *R. communis* (6.79 y 3.94 mg de Pb kg⁻¹ en la materia seca total y parte aérea respectivamente) > *S. sudanense* > *C. ciliaris* > *H. annuus* > *N. tabacum* = *B. campestris*. (Rodríguez et al, 2006)

2.2. Marco conceptual.

2.2.1. Contaminación de suelos

Si bien muchas de las sustancias contaminantes pueden encontrarse en forma natural en el suelo, muchas de ellas tienen como fuentes principales las actividades humanas como la minería, la explotación petrolera, actividades agrícolas, industriales, inclusive las actividades en las ciudades a través del mal manejo de los residuos sólidos y aguas residuales, entre otros. (Maqueda, 2003)

Un caso emblemático y persistente de contaminación de suelos en el Perú es La Oroya. En esta ciudad, desde 1922 se realizan actividades de

fundición de metales, siguiendo 3 circuitos metalúrgicos: cobre, zinc y plomo. El plomo, así como otras sustancias son emitidos dentro del proceso propio de una fundición, y al ser un elemento pesado, luego de contaminar el aire, se depositan en el suelo donde se acumulan e ingresan a la cadena alimenticia donde podrían magnificar su poder contaminante de un nivel a otro. (Cederstav & Barandiarán, 2002)

2.2.2. Recuperación de los suelos o métodos de fitorremediación

La elección de una estrategia de remediación dependerá de la naturaleza de los contaminantes. Los suelos contaminados con metales pesados son extremadamente difíciles de remediar y normalmente son excavados y sustituidos con suelo nuevo. Además, algunas zonas contaminadas con metales son tratadas con otras técnicas, como la lixiviación ácida, separación física del contaminante o procesos electroquímicos que tienen costos muy elevados. (Cunningham, 1995)

Las técnicas de fitorremediación son de diversos tipos:

- Fitoextracción
- Fitoestabilización
- Fitodegradación
- Rizodegradación
- Rizofiltración
- Fitovolatilización
- Fitosalinización

La fitoextracción hace referencia a la absorción de contaminantes del suelo por las raíces de las plantas, y su transporte a las partes aéreas o cualquier parte que sea recolectable, para eliminar los contaminantes y promover una limpieza a largo plazo del suelo. Según este enfoque, las plantas capaces de acumular metales deben ser plantadas en las zonas contaminadas y la biomasa enriquecida en metales pesados por la absorción radicular debe ser cosechada. Como resultado, una fracción de metal pesado se elimina del sistema. El éxito de la fitoextracción como técnica de rehabilitación potencial depende de factores como:

- Disponibilidad de los metales.
- Capacidad de las plantas para absorber y acumular los metales en las partes aéreas.

Las plantas ideales para la fitoextracción deben tener:

- La habilidad de producir grandes cantidades de biomasa.
- Ser fáciles de recolectar.
- Tener un rango amplio de acumulación de metales pesados en sus partes recolectables.

No obstante, no se conoce ninguna planta que cumpla con todos los criterios. El uso de plantas modificadas genéticamente se puede usar también para cumplir con los mencionados atributos. La tasa de fitoextracción es directamente proporcional a la tasa de crecimiento de la planta, y la cantidad total de los metales fitoextraídos está relacionada con la biomasa recolectada, lo que hace el proceso de fitoextracción muy lento.

Para ello es necesario identificar especies de rápido crecimiento y fuertes genotipos acumuladores. (Bhargava et al, 2012)

Este tipo de tecnologías relativamente recientes, presentan gran potencial en comparación con las tecnologías tradicionales ya que, entre otras cosas, son mucho más amigables con el ambiente, menos costosas y pueden ser más fácilmente aceptadas por el público en general. (Hazrat et al., 2013)

A continuación, se presentan las ventajas de costo de la fitorremediación, en comparación con otras técnicas.

TABLA N° 2.1.

COMPARACIÓN DE COSTOS DE LA FITORREMEDIACIÓN FRENTE A TRATAMIENTOS TRADICIONALES

Tipo de tratamiento	Intervalo de costos (Dólares/ton)
Fitorrestauración (fitorremediación)	10-35
Biorremediación in situ	50-150
Venteo de suelo	20-220
Térmico indirecto	120-300
Lavado de suelo	80-200
Solidificación/estabilización	240-340
Extracción por solventes	360-440
Incineración	200-1500

Fuente: (Schnoor, 2000)

2.2.3. Mecanismos de absorción, translocación y tolerancia

Los metales pesados son transportados al interior de la planta en forma de iones. Estos atraviesan una serie de transportadores especializados o acoplados a proteínas portadoras de protones en la membrana plasmática de la raíz (Greipsson, 2011). Posteriormente, los iones podrán ser almacenados en las raíces o traslocados a los tejidos a través de los vasos de la xilema (Prasad, 2004) donde serán depositados en vacuolas, eliminando así el exceso de iones metálicos del citosol y así reducir las interacciones con los procesos metabólicos celulares. (Sheoran et al., 2011)

2.2.4. Biodisponibilidad del metal pesado

La biodisponibilidad del metal es tal vez el factor más importante que determina el grado de toxicidad de un contaminante, y que se convierte en un factor muy importante para determinar la eficiencia en un proceso de fitorremediación (Meers, 2004-2005). Los metales pesados en los suelos pueden encontrarse bajo distintas formas: iones libres o componentes solubles, iones intercambiables absorbidos en la fase sólida e inorgánica del suelo, partículas precipitadas o insolubles, complejos solubles o insolubles o incorporados en la estructura cristalina de las arcillas (Meers, 2004-2005). El metal disponible o biodisponible está compuesto por la fracción que puede ser tomada por la planta de la solución suelo, y su abundancia está fuertemente relacionada a factores físicos, químicos y biológicos. (Chin, 2007)

2.2.5. Plomo (Pb)

El plomo es un contaminante mayor en el ambiente y que genera gran preocupación para la salud humana y los ecosistemas. (Ortiz et al., 2009)

Es un elemento relativamente abundante en la naturaleza (13mg kg⁻¹ en la corteza terrestre, fundamentalmente como Sulfuro de Plomo) y prácticamente ausente en los océanos (0.003ppb). El plomo suele estar en rocas acidas (ricas en sílice, granito, etc.) En pizarras y, en algunos casos, en calizas. (Carrillo, 2003)

Las fuentes más importantes de plomo ambiental son las partículas residuales de aerosol y el polvo cerca de las carreteras; las cenizas de fundiciones; la fabricación; reciclado y disposición de baterías; el humo de cigarrillos y las viejas pinturas a base de compuestos de plomo. (Colin & Moleon, 2003)

2.2.6. Organismo vegetal *Ricinus communis* (Higuerilla)

Uno de los factores que limita el éxito de la fitorremediación, y que se convierte en una de sus limitantes es el grado de contaminación en el suelo ya que el crecimiento de las plantas no es muy viable en suelos altamente contaminados. (Hazrat et al., 2013)

El éxito de todo programa de fitorremediación va de la mano con una adecuada selección de especies acumuladores de metales. (Salas, 2007)

Ricinus communis (Higuerilla) es una especie oleaginosa tropical, arbustiva y de la familia de las Euforbiáceas. Es una planta conocida desde tiempos remotos, habiéndose encontrado semillas en sarcófagos egipcios hace más de 4000 años. (Hemerly, 1981)

En cuanto a su distribución, ha sido introducida en casi todas las regiones del mundo, principalmente en regiones cálidas donde se ha naturalizado por ser planta cultivada desde la antigüedad para obtener aceite de ricino o como especie ornamental. (Fonnegra, 2007)

Características del *Ricinus communis*

El *Ricinus communis* se caracteriza por diferentes hábitos de crecimiento, color de las hojas y tallo, tamaño, coloración y porcentaje de aceite en la semilla, lo que determina que los cultivares son diferentes entre sí. El porte de la planta es arbustivo o arbóreo, siendo una planta perenne en zonas tropicales y subtropicales, y anual en zonas templadas. La altura de la planta varía de 0,80 m a 12 m. (Távora, 1982)

La raíz es pivotante y profunda constituyendo el anclaje principal de la planta, presenta raíces secundarias y terciarias las cuales se encuentran en su mayoría a poca profundidad. (Robles, 1980)

Presenta un tallo principal recto, seccionado por entrenudos que pueden ser de 11 a 20 y que en un inicio es relleno y con el tiempo se hace hueco. El diámetro puede variar de 3 a 15 cm., sus colores fundamentales son

verde, rojo y caoba, algunas variedades muy ramificadas y otras sin ramificación. (Robles, 1980)

Las hojas son alternas, pecioladas, palmeadas con 5 a 11 lóbulos, dentadas, con nerviación palmatinervia. Peciolos redondos de 18 a 60 cm de longitud; con dos glándulas nectaríferas en la unión con la lámina, dos glándulas en la unión con el peciolo; la lámina de la hoja tiene 10 a 75 cm de diámetro y de un color acorde al del tallo. (Robles, 1980)

2.3. Definiciones de términos

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. (MINAM-Guía para muestreo de suelos, 2014)

Suelo contaminado

Suelo cuyas características químicas, han sido alteradas negativamente por la presencia de sustancias contaminantes depositadas por la actividad humana. (MINAM-Guía para muestreo de suelos, 2014)

Plomo (Pb)

El plomo es un metal gris negro, que encontramos distribuido en toda la corteza terrestre y en diferentes materiales fabricados por el hombre.

Ingerido o inhalado, el plomo es tóxico. Se encuentra en la sangre donde será acumulado en el organismo, especialmente a nivel de los tejidos blandos. (CCM Salud, 2017)

Fitorremediación

La fitorremediación es una técnica biológica de descontaminación que consiste en la utilización de plantas para la eliminación de contaminantes y metales del suelo. (Thieman & Palladino, 2010)

Fitoextracción

La fitoextracción implica el cultivo de plantas superiores que concentran y traslocan contaminantes del suelo en sus tejidos sobre el suelo que pueden ser cosechados al final del período de crecimiento. Es el más eficaz entre varios métodos de fitorremediación, aunque existen dificultades técnicas para sus aplicaciones. La selección de especies de plantas adecuadas es crucial para una fitoextracción eficaz y la biomasa derivada de un brote de una planta de cultivo de fitorremedidor debe ser capaz de depositar especies de metal a una concentración 50-500 veces mayor que en el sustrato de suelo contaminado. (Dharmendra, 2013)

Fitoestabilización

La fitoestabilización es el proceso para reducir la movilidad de los contaminantes en el suelo a través de absorción en las raíces, absorción y acumulación por las raíces, o precipitación dentro de la zona de las raíces.

La vegetación se utiliza para estabilizar la migración de contaminantes por lixiviación, erosión o dispersión junto con el suelo, el agua o el aire para prevenir la contaminación de las aguas subterráneas y los ambientes circundantes. (Dharmendra, 2013)

Rizofiltración

Este método de fitorremediación puede definirse como el uso de plantas acuáticas flotantes o sumergidas para absorber, concentrar y eliminar los compuestos peligrosos, particularmente los metales pesados o los radionúclidos del medio acuoso por sus raíces. (Dharmendra, 2013)

Micorrizas

Las micorrizas son una asociación simbiótica mutualista entre raíces de plantas superiores y ciertos grupos de hongos en los suelos. Estos hongos dependen de las plantas para el suministro de carbono, energía y de un nicho ecológico, a la vez que entregan nutrientes minerales. (Blancof & Salas, 1997)

Rizosfera

Es la parte del suelo inmediata a las raíces de las plantas. En esta región se llevan a cabo una serie de reacciones físicas y químicas que afectan a la estructura del suelo y a los organismos que viven en él. (M. Martín et al.)

Calidad de suelos

Es la capacidad natural del suelo de cumplir diferentes funciones: ecológicas, agronómicas, económicas, culturales, arqueológicas y recreacionales. Es el estado del suelo en función de sus características físicas, químicas y biológicas que le otorgan una capacidad de sustentar un potencial ecosistémico natural y antropogénicas. (MINAM - Guía para muestreo de suelos, 2014)

Estándar de calidad ambiental (ECA)

Es 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. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos. (MINAM - Guía para muestreo de suelos, 2014)

Tolerancia

La tolerancia hacia los metales pesados está representada por la habilidad de sobrevivir en un suelo que es tóxico a otras plantas, y se manifiesta mediante una interacción entre el genotipo y su ambiente (Macnair et al., 2002)

Wenzel, 2002). Si, por el contrario, dicho valor es menor a 1, la translocación del metal es baja, por lo que éste es retenido principalmente en las raíces y puede usarse para fitoestabilización. (Audet & Charest, 2007)

Muestra

Es una parte o un subconjunto representativo de la población. (Moya, 1991)

Muestreo de identificación

Es aquel orientado a identificar si el suelo está contaminado. (MINAM - Guía para muestreo de suelos, 2014)

Población

Es la colección de todos los individuos, objeto u observaciones que poseen al menos una característica común. (Moya, 1991)

Áreas de influencia

Perímetro inmediato del emplazamiento donde hay indicio o alguna evidencia de contaminación potencial del suelo. (MINAM, Glosario de términos)

Jales

Los jales mineros son los apilamientos de rocas molidas que quedan después de que los minerales de interés como el plomo, zinc, cobre, plata

y otros han sido extraídos de las rocas que los contienen. (The University of Arizona)

Absorción

La absorción radicular es la vía mayoritaria de entrada a la planta de muchos elementos y es necesario que el elemento se encuentre disuelto para ser absorbido por la planta. (Menguel & Kirkby, 2001)

Planta hiperacumuladora

La hiperacumulación es la capacidad que tienen algunas plantas para concentrar metales en sus tejidos a niveles muy por encima de los normales sin presentar síntomas de toxicidad. Estas plantas hiperacumuladoras han desarrollado mecanismos internos de tolerancia a la toxicidad por metales. Esta peculiaridad las hace útiles para el hombre como herramienta en las nuevas tecnologías de fitoremediación. (Llugany et al., 2007)

Planta exclusora de metales

Previenen la entrada de metales o mantienen baja y constante la concentración de estos sobre un amplio rango de concentración de metales en el suelo, principalmente restringiendo la acumulación de los metales en las raíces. (Ghosh & Singh, 2005)

CAPÍTULO III

VARIABLES E HIPÓTESIS

3.1. Variables de la investigación

3.1.1. Variable independiente

Fitorremediación con *Ricinus communis*

3.1.2. Variable dependiente

Tratamiento de suelos contaminados con plomo

3.2. Operacionalización de variables

3.2.1. Operacionalización de la variable independiente

Fitorremediación con *Ricinus communis*

a) Definición Conceptual

La fitorremediación es la técnica que puede aplicarse en la remediación de suelos contaminados por metales. (Salt, 1995)

b) Definición Operacional

Técnica que estudia la absorción de metales tóxicos en especies vegetativas, medidas con los siguientes indicadores

- Tolerancia de la planta
- Extracción del plomo

- Factor de traslocación
- Factor de bioconcentración

3.2.2. Operacionalización de la variable dependiente

Tratamiento de suelos contaminados con plomo

a) Definición Conceptual

Proceso de reducción de contaminantes en un medio por acción de la fitorremediación con *Ricinus communis*.

b) Definición Operacional

La reducción del contaminante en el suelo dependerá de sus características físicas y químicas, los cuales serán medidos con los siguientes indicadores:

- Concentración de plomo
- pH
- Textura
- Porcentaje de humedad

3.3. Hipótesis general

La fitorremediación de suelos con *Ricinus communis* trata significativamente los suelos contaminados con plomo

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo experimental - correlacional.

La investigación viene a ser de tipo **Experimental** debido a que se estudia la variable **X=** (Fitorremediación con *Ricinus communis*) como causa y la variable **Y=** (Tratamiento de suelos contaminados con plomo) como efecto.

A la vez se analizará la interacción entre las 2 variables por eso viene a ser también una investigación del tipo **Correlacional**.

4.2. Diseño de investigación

Con el fin de validar la hipótesis y cumplir con los objetivos planteados en esta investigación se empleó el Diseño Completamente al Azar (DCA) donde se uso de forma experimental el *Ricinus communis* sometiendo a diferentes tratamientos de plomo. Para lo cual, se consideraron las siguientes etapas:

- Identificación de los puntos de muestreo y contaminante en el área.
- Recolección y germinación del *Ricinus communis*.
- Preparación de los sustratos.
- Caracterización fisicoquímica inicial de los sustratos.

- Preparación de las unidades experimentales y tratamientos de análisis.
- Caracterización morfométrica de *Ricinus communis*.
- Caracterización fisicoquímica final de los sustratos y determinación de plomo en el *Ricinus communis*.

4.3. Población y muestra

4.3.1. Población

La población seleccionada está representada por el área de influencia directa de las fuentes de contaminación de plomo en el suelo, limitada por cinco hectáreas, que se ubican en el AA.HH. Virgen de Guadalupe en el Distrito de Mi Perú del Callao.

4.3.2. Muestra

Para la presente investigación, se consideró una muestra compuesta de suelo contaminado con plomo tomada de 23 puntos del área de influencia directa o superficie limitada. La muestra compuesta fue un aproximado de 100 kg, los cuales se dividieron en cinco grupos para conformar los tratamientos a diferentes concentraciones de plomo.

4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.4.1. Técnicas de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos se desarrollaron en los Laboratorios convenidos para determinar los parámetros físicos y químicos de las

muestras de suelos y del *Ricinus communis*, los cuales se detallan en la siguiente tabla.

TABLA N°4.1

PARÁMETROS Y TÉCNICAS DE ANÁLISIS

Parámetro	Unidad de medida	Método de análisis
Plomo total en suelo	mg/kg	EPA 3050-B Rev. 02 (1996) EPA 200.7 Rev. 4.4 (1994)
pH	Unidad de pH	APHA 4500-H+ B
Textura de suelo	-	Triangulo de Textura de Suelo
Porcentaje de humedad	-	NTP 399.128
Plomo en la planta	mg/kg	EPA 3050-B Rev. 02 (1996) EPA 200.7 Rev. 4.4 (1994)

Fuente: Elaboración propia

4.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos, materiales y equipos usados para los análisis de las muestras son las siguientes palas, picos, espátulas, lápices, marcadores, etiquetas, planos de ubicación con los puntos de muestreo, bolsa de polietileno densa, cepillos, vaso precipitado y balanza analítica.

Los demás instrumentos, equipos y reactivos que se usaron para esta experiencia dependieron de los laboratorios convenidos para los distintos

análisis en los que se usaron pipetas, mufla, pulverizador, horno de grafito, ICP, visualizador gráfico y registrador.

4.5. Procedimientos y recolección de datos

4.5.1. Identificación de los puntos de muestreo y contaminante en el área

Se requirió investigar la existencia de contaminación del suelo con plomo del AA.HH. Virgen de Guadalupe de Mi Perú, para eso se obtuvo muestras representativas con el fin de saber si la presencia de plomo supera a lo establecido en el D.S. N° 011-2017-MINAM (Estándares de Calidad Ambiental para Suelos – Uso de Suelo Residencial y/o Parques).

En base a información mediante entrevistas con representantes del AA.HH. Virgen de Guadalupe, personas del lugar, monitoreos realizados con anterioridad e información de la web se delimitó un área de 5 hectáreas como área de influencia directa de las actividades industriales.

La cantidad de puntos de muestreo se realizó de acuerdo a la Guía para Muestreo de Suelos , el cual indica que “Cuando en base a la investigación histórica y la inspección del sitio se considere que hay información concluyente sobre el origen, fuente y tipo de la posible contaminación del suelo, el número de puntos de muestreo se determinará respetando el número mínimo de puntos de muestreo indicados en la Tabla N° 5 Número mínimo de puntos de muestreo para el Muestreo de Identificación” (véase la figura, N° 11.3, en la página 86). Por lo antes expuesto, para esta

investigación se tomó 23 puntos de muestreo en total (véase la figura, N° 10.1, en la página 71). Para lo cual, con ayuda de palas, brochas y sacos se recogió de cada punto un aproximado de cuatro kilogramos de suelo. Posteriormente, la cantidad de suelo total se homogenizó y se mandó a analizar al Laboratorio convenido para identificar la cantidad de plomo en el suelo.

4.5.2. Recolección y germinación del *Ricinus communis*

Las semillas del *Ricinus communis* se recolectaron de un vivero libre de contaminantes, se prepararon y fueron germinadas en recipientes de 1L en suelos con similares características físicas a las de la muestra.

Para fines de la investigación, el periodo de germinación duró aproximadamente dos meses bajo condiciones normales de crecimiento de la planta. Durante ello se controló el riego de las plantulas cada tres días, tomando como indicador el estado de humedad del suelo.

Adicionalmente, se esperó que una plantula alcance su floración con el propósito de definir la caracterización botánica de la especie, llevandola para tal fin al Museo de Historia Natural de la UNMSM.

4.5.3. Preparación de los sustratos

Inicialmente, se plantearon tres tratamientos o niveles de concentración de plomo las cuales fueron el nivel original de plomo en el sustrato, 700 mg/kg y 1200 mg/kg de plomo. Éste último valor se tomó como referencia del

DS N° 002-2013-MINAM¹ (Estándares de Calidad Ambiental para Suelos - Usos de Suelo Comercial/ Industrial/ Extractivos) y con la intención de ejercer una presión extra a la planta.

Posteriormente, se añadió dos tratamientos de 450 mg/kg y 950 mg/kg de plomo como valores intermedios. De esta manera, con estos 5 tratamientos se verificó de forma objetiva la tolerancia del *Ricinus communis* al plomo.

Para obtener los tratamientos se usó el sustrato inicial (T1=Tratamiento 1) al cual se le adicionó plomo intencionalmente, a fin de generar los tratamientos: T2 (450 mg/kg), T3 (700 mg/kg), T4 (950 mg/kg) y T5 (1200 mg/kg).

Por otra parte, se dividió en cinco grupos de 20 kg el suelo recolectado. Para alcanzar las concentraciones requeridas de plomo, se preparó soluciones de Acetato de Plomo trihidratado ($\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) con agua destilada.

Los sustratos preparados se mandaron a analizar al Laboratorio convenido para obtener la concentración exacta de plomo en los diferentes tratamientos, para conseguir resultados más precisos de absorción por el *Ricinus communis*.

¹ Al inicio de la investigación se tomó como referencia el DS N°002-2013-MINAM (ECA para suelos), en el transcurso de la parte experimental el reglamento se actualizó al DS N°011-2017-MINAM. Este último se usó para fines comparativos con los resultados.

Adicionalmente, se consideró la experimentación de un "tratamiento" T0 sin contaminante (Blanco) sólo para fines comparativos morfométricos del *Ricinus communis*. Para lo cual, se usó un suelo con las mismas características físicas a la de la muestra.

4.5.4. Caracterización fisicoquímica inicial de los sustratos

Para el sustrato original

Se preparó una muestra de un kilogramo del sustrato original en una bolsa ziploc, rotulada y con la cadena de custodia correspondiente. Posteriormente, la muestra se envió a analizar al Laboratorio convenido, para su caracterización.

Para los sustratos preparados (tratamientos)

De la misma manera, se tomaron muestras de un kilogramo de los sustratos preparados a diferentes concentraciones de plomo para la cuantificación de metales pesados (plomo) en el Laboratorio convenido.

4.5.5. Preparación de las unidades experimentales y tratamientos de análisis

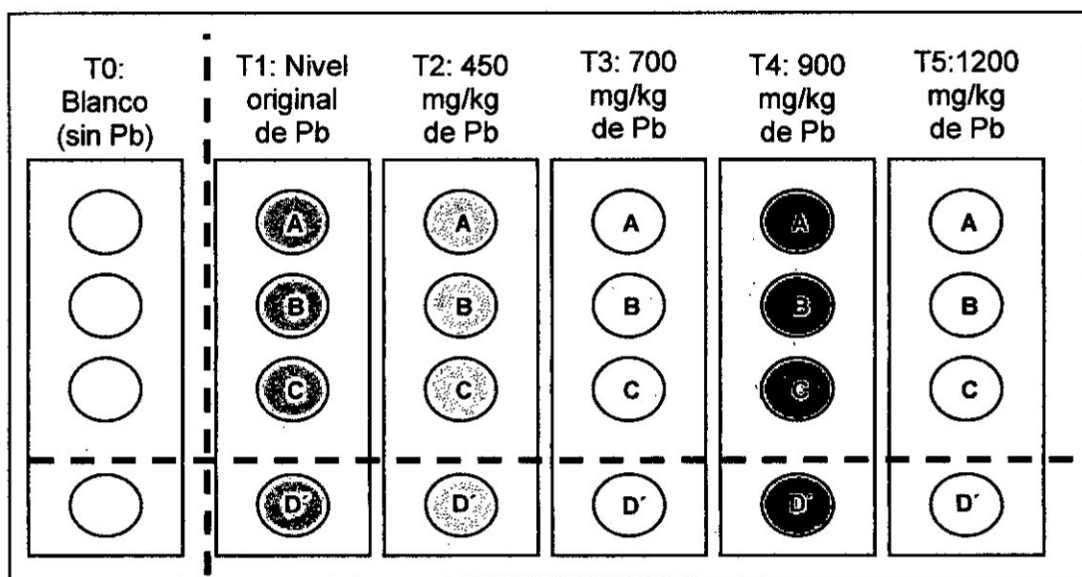
Las plántulas seleccionadas se traspasaron a los maceteros a razón de una planta por macetero. Estos maceteros fueron de plástico, de un volumen de 5 L, 18 cm de altura y un diámetro de 23 cm, y contenían aproximadamente 4 kg del sustrato preparado de los tratamientos.

Se realizaron tres repeticiones por tratamiento dando un total de 15 macetas, que fueron colocadas en un área aislada ubicada en el Distrito de San Miguel – Lima. Para evitar pérdidas de las repeticiones por factores externos, se añadió una maceta más por tratamiento.

La distribución de las unidades experimentales puede verse en el siguiente esquema.

FIGURA N°4.1

ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN DE TRATAMIENTOS



Donde:
T0: "Tratamiento" sin Pb, T1: Tratamiento 1, T2: Tratamiento 2, T3: Tratamiento 3, T4: Tratamiento 4 y T5: Tratamiento 5.
A: Repetición 1, B: Repetición 2, C: Repetición 3, D': Repetición auxiliar en caso de pérdida de una unidad experimental.

Fuente: Elaboración propia

El tiempo de análisis de los tratamientos empezó la primera semana del mes de febrero durando aproximadamente 100 días bajo condiciones normales. Además, la cantidad de agua aplicada fue suficiente para evitar

estrés hídrico; de igual manera también se evitó que durante el riego se drenara agua de las macetas con el fin de mantener constante el contenido de Pb.

4.5.6. Caracterización morfométrica del *Ricinus communis*

Todas las plantas recolectadas al finalizar la parte experimental se sometieron al análisis morfométrico antes de ser enviadas a analizar al laboratorio. Se observaron las siguientes características:

- Longitud de tallo principal
- Longitud de raíz principal
- Número de hojas
- Peso húmedo

4.5.7. Caracterización fisicoquímica final de los sustratos y determinación de plomo en el *Ricinus communis*

Al finalizar los 100 días de tratamiento, tanto el sustrato y plantas fueron removidos cuidadosamente del macetero, procurando dejar intactos las estructuras de la planta.

El suelo rizosférico se separó de la raíz con cepilladas usando pincel y enjugándose en agua destilada para retirar el suelo remanente. Posteriormente, se etiquetó la planta para su caracterización morfométrica, luego se colocó en una bolsa ziploc y rotuló para enviar al Laboratorio convenido y así determinar el plomo en su raíz y parte aérea.

El suelo no rizosférico se dejó en el recipiente, removiéndose de manera que se homogenice todo el suelo. Luego, por cada macetero se tomó un kilogramo del suelo en una bolsa ziploc, rotulándolos para su posterior análisis de contenido de plomo en Laboratorio convenido.

4.6. Procesamiento estadístico y análisis de datos

Los datos fueron procesados mediante el software estadístico Minitab versión 18, realizando análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de diferencia de medias (Tukey). Con lo expuesto, se buscó determinar bajo qué condiciones o tratamientos la fitorremediación con *Ricinus communis* fue más efectiva con respecto a la absorción del plomo.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1. Resultado de contenido inicial de plomo en el suelo.

Luego de homogenizar el suelo obtenido de los 23 puntos se muestreo, con el resultado de analisis de laboratorio se realizó la siguiente tabla.

TABLA N°5.1

CONCENTRACIÓN INICIAL DE PLOMO EN EL SUELO

Metal	Unidad	Resultado	*ECA para Suelo(mg/kg)
Plomo	mg/kg	221.2	140

*ECA para Suelo de Uso Residencial/ Parques (DS N° 011-2017- MINAM)

Fuente: Elaboración Propia

Con este resultado se verificó que la concentración de Pb en el suelo del AA.HH. Virgen de Guadalupe de Mi Perú – Callao supera a lo establecido en el Estándar de Calidad del Suelo para Uso de Suelo Residencial y/o Parques.

5.2. Resultado de concentración inicial de plomo en los tratamientos

TABLA N° 5.2

CONCENTRACIÓN INICIAL DE PLOMO EN LOS TRATAMIENTOS.

Concentraciones de plomo en los tratamientos	
Tratamientos	Resultados de concentración real de Pb (mg/kg)
T1	221.2
T2	458.62
T3	704.36
T4	955.94
T5	1210.32

Fuente: *Elaboración propia*

5.3. Resultado de caracterización físico – químico del suelo

TABLA N° 5.3

CARACTERIZACIÓN FÍSICO - QUÍMICO INICIAL DEL SUELO

Parámetros	Resultados
pH	6.39
Clase textural	Arena franca
% Humedad	11

Fuente: *Elaboración propia*

Al finalizar la investigación se realizó la caracterización de los parámetros pH, clase textural y % de humedad, dando los siguientes resultados promedios.

TABLA N° 5.4

CARACTERIZACIÓN FÍSICO - QUÍMICO FINAL DEL SUELO

Tratamientos	Clase textural	Promedios de pH	Promedios de % Humedad
T1: 221.2 mg/kg	Arena franca	6.28	13.85%
T2: 458.62 mg/kg		6.32	13.16%
T3: 704.36 mg/kg		6.32	13.12%

Fuente: Elaboración Propia

En la comparación de las características físico químicas del suelo en su etapa inicial y final observamos variación despreciable en las mismas.

5.4. Resultado de evaluación de la tolerancia del *Ricinus communis* a diferentes concentraciones de plomo (tratamientos)

Al inicio de la parte experimental se buscó evaluar la tolerancia del *Ricinus communis* frente a las diferentes concentraciones de plomo en los suelos. Sin embargo, a dos semanas de empezar la parte experimental, las plantas correspondientes a los tratamientos: T4: 955.94 mg/kg de Pb y T5: 1210.32 mg/kg de Pb murieron incluyendo las repeticiones.

5.5. Resultados de la caracterización morfológica

5.5.1. Longitud de tallo principal

TABLA N° 5.5
PROMEDIOS DE LONGITUD DE TALLO PRINCIPAL DE CADA
TRATAMIENTO

Tratamientos	Promedios de longitud de tallo principal (cm)
T0: Blanco	40.33
T1: 221.2 mg/kg de Pb	36.33
T2: 458.62 mg/kg de Pb	35.00
T3: 704.36 mg/kg de Pb	26.67

Fuente: Elaboración propia

5.5.2. Longitud de raíz principal

TABLA N°5.6
PROMEDIOS DE TAMAÑO DE RAÍZ PRINCIPAL DE CADA
TRATAMIENTO

Tratamientos	Promedios de raíz principal (cm)
T0: Blanco	30.33
T1: 221.2 mg/kg de Pb	29.67
T2: 458.62 mg/kg de Pb	22.67
T3: 704.36 mg/kg de Pb	17.17

Fuente: Elaboración propia

5.5.3. Número de hojas

TABLA N°5.7
PROMEDIOS DE NÚMERO DE HOJAS DE CADA
TRATAMIENTO

Tratamientos	Promedios de número de hojas
T0: Blanco	12
T1: 221.2 mg/kg de Pb	7
T2: 458.62 mg/kg de Pb	6
T3: 704.36 mg/kg de Pb	7

Fuente: Elaboración propia

5.5.4. Peso húmedo

TABLA N°5.8
PROMEDIOS DE PESO HÚMEDO DE CADA TRATAMIENTO

Tratamientos	Promedios de peso húmedo (g)
T0: Blanco	151.89
T1: 221.2 mg/kg de Pb	105.76
T2: 458.62 mg/kg de Pb	69.02
T3: 704.36 mg/kg de Pb	31.6

Fuente: Elaboración propia

5.6. Resultado de concentración de plomo en los suelos y % de remoción

Al resultado se obtuvo lo siguiente:

TABLA N° 5.9
CONCENTRACIÓN FINAL PROMEDIO DE PLOMO EN EL SUELO Y % DE REMOCIÓN

Tratamientos (mg/kg)	Promedios de CCPB- Suelo (mg/kg)	Promedios de % de Remoción
T1: 221.2	119.68	45.90%
T2: 458.62	371.75	18.94%
T3: 704.36	657.89	7.06%

Dónde:

CCPB - Suelo: Concentración de plomo en el suelo.

Fuente: *Elaboración propia*

De los resultados expuestos, en la Tabla N° 5.9, se observa el promedio de concentración de plomo final en los suelos después de la Fitorremediación con el *Ricinus communis*. Además, el cálculo promedio de porcentaje de Remoción en donde se distingue que el mayor y menor porcentaje de remoción se da en el T1: y en el T3 respectivamente.

En efecto, se debe considerar que el porcentaje de remoción viene a ser el resultado de lo absorbido por la planta y algún agente externo. (véase la tabla, N° 10.1, en la página 81).

5.7. Resultado de concentración de plomo en el *Ricinus communis*

5.7.1. Resultado de concentración de plomo en la raíz y parte aérea de la planta

Se elaboró la siguiente tabla que muestra el promedio de las concentraciones de plomo en la raíz y parte aérea (tallos, hojas y frutos) del *Ricinus communis* obtenido de las repeticiones de cada tratamiento.

TABLA N° 5.10

**CONCENTRACIÓN FINAL PROMEDIO DE PLOMO EN LA RAÍZ,
PARTE AÉREA Y ORGANISMO VEGETAL (*Ricinus communis*)**

Tratamientos (mg/kg)	Promedios de CCPB-Raíz (mg/kg)	Promedios de CCPB-P. Aéreo (mg/kg)	Contenido promedio total de Pb en el <i>Ricinus communis</i> (mg/kg)
T1: 221.2	43.40	14.01	57.41
T2: 458.62	33.75	11.57	45.32
T3: 704.36	7.86	5.38	13.23

Dónde:

CC (Pb) - Raíz: Concentración de plomo en la raíz del *Ricinus communis*.

CC (Pb) - P. Aérea: Concentración de plomo en la parte aérea del *Ricinus communis*.

Fuente: *Elaboración propia*

La tabla N° 5.10 muestra que el mayor contenido promedio total de Pb se da en el tratamiento T1 con 57.41 mg/kg de Pb y el menor contenido promedio total de Pb se da en el tratamiento T3 con 13.23 mg/kg de Pb.

5.7.2. Resultado de concentración total de plomo en la planta

Se sumó los resultados de concentración de plomo en la raíz y parte aérea, para obtener el total de plomo en el tejido vegetal del *Ricinus communis* de cada repetición, elaborándose la siguiente tabla.

TABLA N° 5.11
CONCENTRACIÓN TOTAL DE PLOMO EN LA PLANTA (*Ricinus communis*)

Tratamiento (mg/kg)		Concentración de plomo en la planta (mg/kg)
T1	221.2	73.84
	221.2	61.54
	221.2	50.69
T2	458.62	44.22
	458.62	51.84
	458.62	39.91
T3	704.36	14.25
	704.36	20.24
	704.36	5.21

Fuente: Elaboración propia

5.7.3. Análisis estadístico

a) Análisis de varianza (ANOVA)

ANOVA de un solo factor: Concentración de plomo (mg/kg) vs Tratamiento

TABLA N° 5.12

PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Fuente: Software Minitab versión 18

TABLA N° 5.13

INFORMACIÓN DE FACTOR

Factor	Niveles	Valores
Tratamiento	3	221.2, 458.62, 704.36

Fuente: Software Minitab versión 18

TABLA N° 5.14

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	3689.1	1844.56	24.28	0.001
Error	6	455.8	75.97		
Total	8	4144.9			

Fuente: Software Minitab versión 18

TABLA N° 5.15

RESUMEN DE MODELO

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
8.71590	89.00%	85.34%	75.26%

Fuente: Software Minitab versión 18

TABLA N° 5.16

MEDIAS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
221.2	3	62.02	11.58	(49.71, 74.34)
458.62	3	45.32	6.04	(33.01, 57.64)
704.36	3	13.23	7.57	(0.92, 25.55)

Fuente: Software Minitab versión 18

b) Análisis de Tukey

TABLA N° 5.17

COMPARACIONES EN PAREJAS DE TUKEY

Tratamiento	N	Media	Agrupación	
221.2	3	62.02	A	
458.62	3	45.32	A	
704.36	3	13.23		B

Para una confianza de 95%

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente: Software Minitab versión 18

5.8. Factor de traslocación del *Ricinus communis*

TABLA N°5.18

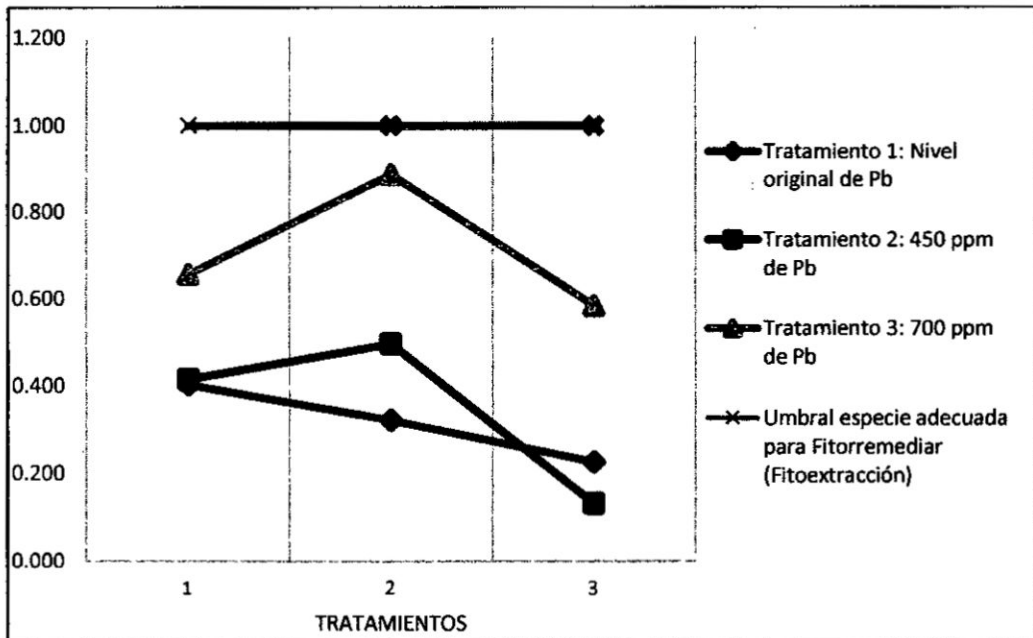
FACTOR DE TRASLOCACIÓN POR TRATAMIENTO

Tratamientos (mg/kg)	Factor Traslocación		
	A	B	C
T1: 221.2	0.402	0.32	0.225
T2: 458.62	0.414	0.495	0.131
T3: 704.36	0.655	0.886	0.584

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 5.1

FACTOR DE TRASLOCACIÓN DE CADA REPETICIÓN VS
TRATAMIENTO



Fuente: Elaboración propia

5.9. Factor de bioconcentración del *Ricinus communis*

5.9.1. Factor de bioconcentración en la raíz de la planta

TABLA N°5.19

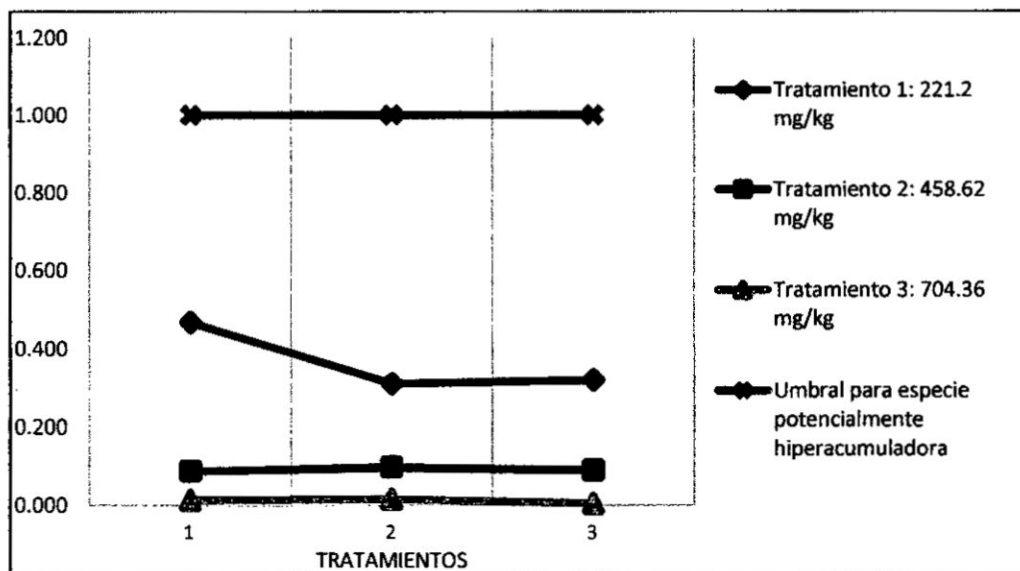
FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN EN LA RAÍZ DE LA PLANTA POR TRATAMIENTO

Tratamientos (mg/kg)	Factor Bioconcentración		
	A	B	C
T1: 221.2	0.468	0.31	0.319
T2: 458.62	0.087	0.097	0.089
T3: 704.36	0.013	0.015	0.005

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N°5.2

FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN EN LA RAÍZ DE CADA REPETICIÓN VS TRATAMIENTO



Fuente: Elaboración propia

5.9.2. Factor de bioconcentración en la parte aérea de la planta

TABLA N°5.20

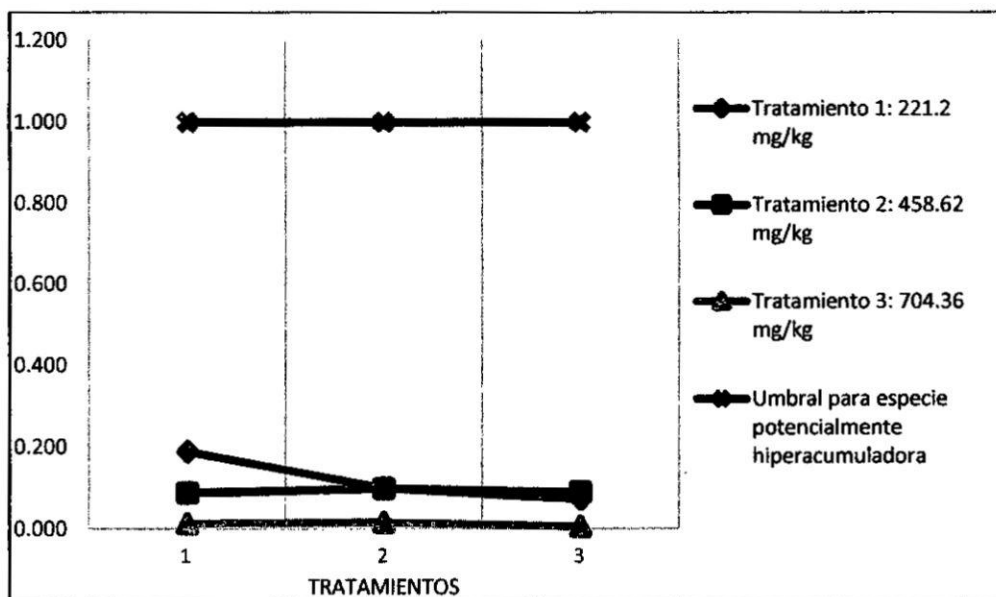
FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN EN LA PARTE ÁEREA DE LA PLANTA POR TRATAMIENTO

Tratamientos (mg/kg)	Factor Bioconcentración		
	A	B	C
T1: 221.2	0.188	0.099	0.072
T2: 458.62	0.087	0.097	0.089
T3: 704.36	0.013	0.015	0.005

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N°5.3

FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN EN LA PARTE ÁEREA DE CADA REPETICIÓN VS TRATAMIENTO



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación de hipótesis con los resultados

Luego de analizar el suelo obtenido de la homogenización de los 23 puntos de muestra, resultó tener 221.2 mg/kg de Pb, que según el Estándar de Calidad de Suelo para Uso de Suelo Residencial y/o Parques, sobrepasa al valor indicado de 140 mg/kg de plomo total demostrando que es un suelo no apto su uso.

Se aumentó la concentración de plomo inicial de manera que se pueda ver la tolerancia de la planta frente a 5 tratamientos de diferentes concentraciones de plomo.

De los resultados obtenidos se verifica que la planta no toleró los tratamientos de 955.94 mg/kg y 1210.32 mg/kg de plomo; debido a que, ninguna de las cuatro repeticiones de los dos tratamientos mencionados, vivió más de dos semanas después del trasplante al sustrato contaminado.

De los resultados obtenidos de la caracterización morfométrica, se deduce que la mayor cantidad de peso húmedo, tamaño de raíz principal y tallo principal se da en la tendencia de Blanco>Tratamiento 1> Tratamiento 2> Tratamiento 3. Esto es probablemente a que la planta tiene una mejor formación en sustratos sin contaminación.

INFORME DE ENSAYO N° 1805096

Código de Laboratorio: 1805096-7		Estación de Muestreo: T3A-700-S		Fecha de Muestreo: 2018/05/31 Tipo de muestra: Sólidos	
Método de Referencia	Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Clasificación del Método	Resultado	Unidad
EPA 3050-B Rev. 02 (1996) EPA 200.7 Rev. 4.4 (1994) (1)	Pomo	—	0,87	675,69	mg/Kg PS
APHA 4500-H+ B	pH	—	—	6,41	UptH
NTP 339.128	Humedad Relativa	—	—	12,45	%
—	Clase textural	—	—	Areca Franca	—

Código de Laboratorio: 1805096-8		Estación de Muestreo: T3B-700-S		Fecha de Muestreo: 2018/05/31 Tipo de muestra: Sólidos	
Método de Referencia	Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Clasificación del Método	Resultado	Unidad
EPA 3050-B Rev. 02 (1996) EPA 200.7 Rev. 4.4 (1994) (1)	Pomo	—	0,87	625,37	mg/Kg PS
APHA 4500-H+ B	pH	—	—	6,27	UptH
NTP 339.128	Humedad Relativa	—	—	13,05	%
—	Clase textural	—	—	Areca Franca	—

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.
Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. de La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ
Telefax: (511) 3560230 Celular: 947148233 Email: servicioalcliente@deltalabsac.com www.deltalabsac.com

INFORME DE ENSAYO N° 1805096

Código de Laboratorio: 1805096-12		Estación de Muestreo: TIC-200-PA		Fecha de Muestreo: 2018/05/31 Tipo de muestra: Parte Aérea	
Método de Referencia	Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Cuantificación del Método	Resultado	Unidad
EPA 3050-B Rev. 02 (1996) EPA 200.7 Rev. 4.4 (1994)	Plomo		0,87	9,31	mg/Kg PS

Código de Laboratorio: 1805096-13		Estación de Muestreo: T2A-450-PA		Fecha de Muestreo: 2018/05/31 Tipo de muestra: Parte Aérea	
Método de Referencia	Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Cuantificación del Método	Resultado	Unidad
EPA 3050-B Rev. 02 (1996) EPA 200.7 Rev. 4.4 (1994)	Plomo		0,87	12,94	mg/Kg PS

Código de Laboratorio: 1805096-14		Estación de Muestreo: T2B-450-PA		Fecha de Muestreo: 2018/05/31 Tipo de muestra: Parte Aérea	
Método de Referencia	Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Cuantificación del Método	Resultado	Unidad
EPA 3050-B Rev. 02 (1996) EPA 200.7 Rev. 4.4 (1994)	Plomo		0,87	17,16	mg/Kg PS

Código de Laboratorio: 1805096-15		Estación de Muestreo: T2C-450-PA		Fecha de Muestreo: 2018/05/31 Tipo de muestra: Parte Aérea	
Método de Referencia	Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Cuantificación del Método	Resultado	Unidad
EPA 3050-B Rev. 02 (1996) EPA 200.7 Rev. 4.4 (1994)	Plomo		0,87	4,62	mg/Kg PS

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.
Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada.

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. de La Merced - Ate. - Lima 03 - PERÚ
Telefax: (511) 3560230 Celular: 947148233 Email: servicioalcliente@deltalabsac.com www.deltalabsac.com

INFORME DE ENSAYO N° 1805096

Código de Laboratorio:	Estación de Muestreo:	Fecha de Muestreo:			
1805096-16	T3A-700-PA	2018/05/31	Tipo de muestra: Partic Aérea		
Método de Referencia	Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Cuantificación del Método	Resultado	Unidad
EPA 3050-B Rev. 02 (1996)	Plomo	-	0,87	5,64	mg/Kg PS
EPA 200.7 Rev. 4.4 (1994)					
Código de Laboratorio:	Estación de Muestreo:	Fecha de Muestreo:			
1805096-17	T3B-700-PA	2018/05/31	Tipo de muestra: Partic Aérea		
Método de Referencia	Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Cuantificación del Método	Resultado	Unidad
EPA 3050-B Rev. 02 (1996)	Plomo	-	0,87	8,57	mg/Kg PS
EPA 200.7 Rev. 4.4 (1994)					
Código de Laboratorio:	Estación de Muestreo:	Fecha de Muestreo:			
1805096-18	T3C-700-PA	2018/05/31	Tipo de muestra: Partic Aérea		
Método de Referencia	Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Cuantificación del Método	Resultado	Unidad
EPA 3050-B Rev. 02 (1996)	Plomo	-	0,87	1,92	mg/Kg PS
EPA 200.7 Rev. 4.4 (1994)					
Código de Laboratorio:	Estación de Muestreo:	Fecha de Muestreo:			
1805096-19	T1A-200-RA	2018/05/31	Tipo de muestra: Rádicos		
Método de Referencia	Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Cuantificación del Método	Resultado	Unidad
EPA 3050-B Rev. 02 (1996)	Plomo	-	0,87	52,68	mg/Kg PS
EPA 200.7 Rev. 4.4 (1994)					

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.
Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada.

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. de La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ
Telefax: (511) 3560230 Celular: 947148233 Email: servicioalcliente@deltalabsac.com www.deltalabsac.com

INFORME DE ENSAYO N° 1805096

Código de Laboratorio	Estación de Muestreo	Fecha de Muestreo	Tipo de muestra: Raíces		
1805096-20	T1B-200-RA	2018/05/31			
Método de Referencia	Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Cuantificación del Método	Resultado	Unidad
EPA 3050-B Rev. 02 (1996)	Plomo	--	0,87	36.14	mg/Kg PS
EPA 200.7 Rev. 4.4 (1994)					
Código de Laboratorio	Estación de Muestreo	Fecha de Muestreo	Tipo de muestra: Raíces		
1805096-21	T1C-200-RA	2018/05/31			
Método de Referencia	Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Cuantificación del Método	Resultado	Unidad
EPA 3050-B Rev. 02 (1996)	Plomo	--	0,87	41.38	mg/Kg PS
EPA 200.7 Rev. 4.4 (1994)					
Código de Laboratorio	Estación de Muestreo	Fecha de Muestreo	Tipo de muestra: Raíces		
1805096-22	T2A-450-RA	2018/05/31			
Método de Referencia	Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Cuantificación del Método	Resultado	Unidad
EPA 3050-B Rev. 02 (1996)	Plomo	--	0,87	31.28	mg/Kg PS
EPA 200.7 Rev. 4.4 (1994)					
Código de Laboratorio	Estación de Muestreo	Fecha de Muestreo	Tipo de muestra: Raíces		
1805096-23	T2B-450-S	2018/05/31			
Método de Referencia	Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Cuantificación del Método	Resultado	Unidad
EPA 3050-B Rev. 02 (1996)	Plomo	--	0,87	34.68	mg/Kg PS
EPA 200.7 Rev. 4.4 (1994)					

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.
Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. de La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ
Telefax: (511) 3560230 Celular: 947148233 Email: servicioalcliente@deltalabsac.com www.deltalabsac.com

En cuanto a la tabla 5.3 (promedios de número de hojas de cada tratamiento) se observa que predomina el Blanco> (Tratamiento 1=Tratamiento 3)> Tratamiento 2.

También, se observa que la planta absorbió más plomo en el tratamiento con menor cantidad del contaminante de plomo (tratamiento de 221.2 mg/kg). Por otro lado, la menor absorción de plomo se dio en el tratamiento de 704.36 mg/kg. (véase la tabla, N°5.9, en la página 45).

El tratamiento de 221.2 mg/kg tuvo el mayor promedio de cantidad de plomo en la raíz (43.4 mg/kg) y parte aérea (14.01 mg/kg). Por otro lado, el tratamiento de 704.36 mg/kg tuvo el menor promedio de cantidad de plomo en la raíz (7.86 mg/kg) y parte aérea (5.38 mg/kg).

Se procesaron los datos obtenidos de concentración de plomo en la raíz, parte aérea y en el sustrato al final de la investigación para calcular el factor de traslocación y bioconcentración. Primero, el factor de traslocación de las unidades experimentales no superó la unidad (umbral para determinar que una especie tiene características hiperacumuladoras). Segundo, el cálculo del factor de bioconcentración de la raíz como de la parte aérea tampoco supera la unidad.

Del análisis estadístico que se llevó a cabo usando la absorción total de la planta (raíz + parte aérea), demuestra que analizando el método ANOVA demuestra que hay diferencia significativa entre los resultados obtenidos de los tratamientos de 221.2 mg/kg, 458.62 mg/kg y 704.36 mg/kg, esto se

demuestra debido a que el factor "P" es menor a 0.05 (nuestro resultado fue 0.001). Posteriormente, se procedió a realizar la prueba de Tukey para una confianza de 95% obteniendo como resultado que los tratamientos de 221.2 mg/kg y 458.62 mg/kg de Pb son mejores que el tratamiento de 704.36 mg/kg de Pb.

6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares

En la investigación de la Fitorremediación de plomo (Pb) y arsénico (As) con higuera (*Ricinus communis*) en asociación con micorrizas se concluyó que a 120 días de tratamiento la higuera tiene la capacidad de absorber plomo en suelos contaminados y acumularlo particularmente en las raíces, en el cual presentó una concentración media de 280.78 mg/kg y una concentración media de 25.85 mg/kg en la parte aérea, y el índice de bioconcentración superó la unidad en algunos tratamientos. Además, el *Ricinus communis* tiene capacidad para acumular concentraciones de metales pesados principalmente en la raíz y en menor proporción en hoja y tallos, por lo tanto, tiene potencial como cultivo para fitoestabilización en suelos contaminados. Otro aspecto a mencionar es que la adición de micorrizas a los suelos no afectó significativamente sobre la absorción de Pb y As. (Meza Nancy, 2014).

Para nuestro caso, a 100 días de tratamiento y sin la incorporación de agentes externos, también se observó un gradiente de concentración de Pb, en el cual la mayor concentración media de Pb se dio en la raíz con

43.40 mg/kg y menor concentración media de Pb en la parte aérea con 14.01 mg/kg del *Ricinus communis*. De igual manera, el factor de traslocación no supero la unidad, por lo que al *Ricinus communis* se clasificaría como una planta fitoestabilizadora, la cual permite inmovilizar contaminantes en el suelo y evita que su transporte a otras fuentes naturales

En el Estudio del desarrollo de la especie *Ricinus communis* cultivada en residuos mineros en condiciones de invernadero, a 100 días de tratamiento, con el sustrato preparado de 50% suelo – 50% jales (496 mg/kg de Pb), obtuvo como resultados promedios que la planta absorbió 25.9 mg/kg de Pb en la raíz y en la parte aérea 9.8 mg/kg de Pb y en el sustrato preparado de 30% suelo – 70% jales (505 mg/kg de Pb) absorbió un promedio de 40.4 mg/kg de Pb en la raíz y en la parte aérea 9.0 mg/kg de Pb concluyendo que el *Ricinus communis* es tolerante a altas concentraciones de metales y además la consideran como una planta hiperacumuladora de plomo (Castillo Alberto, 2015). Bajo nuestras condiciones, el Tratamiento 2 se asemeja en concentración inicial de plomo al de la otra investigación (458.62 mg/kg de Pb) obteniendo resultados promedio de 33.75 mg/kg de Pb en la Raíz y 11.57 mg/kg de Pb en la parte aérea de la planta, observando que en nuestra investigación hubo más absorción de plomo en la parte aérea en comparación al otro estudio. Además, en nuestro caso el *Ricinus communis* no presentó tolerancia a concentraciones elevadas de plomo al igual que no resulto ser hiperacumuladora de plomo, esto es

debido a que en ninguno de nuestros tratamientos el factor de Bioconcentración fue mayor a 1.

En la investigación de la Capacidad de seis especies vegetales para acumular plomo en suelos contaminados concluye que a 70 días de estudio para un tratamiento de 500 mg/kg y 1000 mg/kg de Pb en el suelo la absorción total en el *Ricinus communis* fue de 2.78 mg/kg de Pb y 6.8 mg/kg de Pb respectivamente. Además, el porcentaje de plomo acumulado en la parte aérea fue mayor en el tratamiento de menor concentración (500 mg/kg de Pb) y también que ninguna de las seis especies evaluadas puede considerarse como especie hiperacumuladora (Rodríguez et al, 2006). En contraste con nuestra investigación se evidenció que hubo similitud respecto a la acumulación de Pb en la parte aérea que siguió la tendencia T1: 221.2 (con 57.41 mg/kg de Pb absorbido) > T2: 458.62 (con 45.32 mg/kg de Pb absorbido) > T3: 704.36 (con 13.23 mg/kg de Pb absorbido) y que para tratamientos superiores al T3: 704.36 la planta no toleró puesto que murieron 15 días después de su trasplante. Por último, el Factor de Bioconcentración no supero la unidad por lo que también el *Ricinus communis* no se clasificaría como una especie hiperacumuladora.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES

Al finalizar la investigación, y de acuerdo al análisis estadístico planteado se concluye que el *Ricinus communis* fitorremedió mejor en suelos con contaminación de plomo entre 221.2 mg/kg y 458.62 mg/kg, proponiéndolo para casos de suelos contaminados con plomo que requieran de un tratamiento de fitorremediación de tipo fitoestabilizador, es decir que la planta concentre mayor parte del contaminante en la raíz y trasloque a la parte aérea la menor concentración posible.

También, se identificó que la muestra obtenida del AA.HH Virgen de Guadalupe de Mi Perú – Callao contiene 221.2 mg/kg de Pb, superando en 58% al Estándar de Calidad del Suelo para Uso de Suelo Residencial y/o Parques. Por otra parte, el suelo de la muestra es ligeramente ácido y de textura arena franca.

Para fines de una evaluación de la tolerancia al Pb se sometió el *Ricinus communis* al suelo inicial del AA.HH. Virgen de Guadalupe (T1 = 221.2 mg/kg) y a suelos con concentraciones de T2 = 458.62 mg/kg y T3 = 704.36 mg/kg de Pb, T4= 955.94 mg/kg de Pb y T5=1210.32 mg/kg de Pb, donde se concluyó que el *Ricinus communis* no toleró concentraciones superiores a 704.36 mg/kg de Pb. Sin embargo, para el Tratamiento 1 (221.2 mg/kg)

al finalizar la parte experimental, el suelo disminuyó su concentración final por debajo de lo permitido por el Estándar de Calidad del Suelo para uso de Suelo Residencial y/o Parques. En efecto, se debe considerar que el uso de una tecnología de remediación de suelos no necesariamente tiene que reducir el contaminante a cero sino disminuir la concentración a niveles que no representen un riesgo mayor a la salud humana y al ambiente.

Se determinó los factores de traslocación del *Ricinus communis* en los diferentes tratamientos, obteniendo valores por debajo de la unidad (véase la tabla, N° 5.18, en la página 50). Por lo tanto, esta planta puede clasificarse como un fitoestabilizador; puesto que, limita la absorción del contaminante en la raíz y reduce la movilidad de este a otros tejidos de la planta.

El cálculo del factor de bioconcentración de la raíz como de la parte aérea no superan la unidad (véase las tablas, N°5.19 y 5.20, en las páginas 51 y 52). Por consiguiente, el *Ricinus communis* no se consideraría como una planta hiperacumuladora, sino más bien entraría en la clasificación de una especie exclusora.

Según los resultados obtenidos se deduce también que la fitorremediación con el *Ricinus communis* no es un método adecuado; debido a que para esta investigación la planta resultó no ser el indicado para la fitoextracción.

Se escogió el *Ricinus communis* por su adaptabilidad y condiciones atípicas de crecimiento; pero, en el proceso experimental se demostró que la especie necesita de cuidados especiales debido a su fragilidad al germinar y requerimiento hídrico constante.

CAPÍTULO VIII

RECOMENDACIONES

La fitorremediación con *Ricinus communis* podría resultar beneficiosa para la población del AA.HH. Virgen de Guadalupe de Mi Perú – Callao debido a que disminuyó la concentración de plomo del Tratamiento 1 (221.2mg/kg de Pb) a niveles por debajo del Estándar de Calidad Ambiental para Suelo de Uso Residencial y/o Parques, pero no es una solución para erradicar la contaminación del suelo en el área, esto debido a que mientras las Empresas sigan emanando plomo al medio ambiente, la contaminación continuará, por eso se recomienda que las autoridades competentes mejoren en su fiscalización y sean más estrictas en el control y sancionar a las Empresas involucradas en la contaminación.

Para el uso de la fitorremediación en zonas costeras donde existan deficiencias hídricas se debe buscar una especie nativa resistente a las condiciones del entorno, haciendo un uso eficiente de los recursos naturales.

Realizar pruebas con otros metales, a fin de verificar si el *Ricinus communis* puede fitorremediar otros contaminantes.

Hacer un análisis de la biodisponibilidad de los metales en el sustrato, así se tendría un control más objetivo de la cantidad utilizable del metal que pueda absorber una planta.

Para estudios de fitorremediación de forma experimental es recomendable crear un mecanismo de control de lixiviados y poder cuantificar la fuga del contaminante, así tener resultados más exactos.

Cuando se aplique un proceso de fitorremediación a gran escala, las plantas usadas deben de pasar por un proceso de recuperación de los metales contenidos en sus tejidos. De esta manera, los metales recuperados podrían volver a ser usados por empresas de forma responsable y amigable con el medio ambiente.

Ampliar los estudios relacionados a plantas fitoestabilizadoras; ya que, limitan la absorción sólo en las raíces, dándose una utilidad de los extremos elevados de la planta. Por ejemplo, las semillas del *Ricinus communis* que estén libres de contaminante pueden emplearse para extraer el aceite de ricino y generar ingresos económicos; lográndose crear un tratamiento por fitorremediación sustentable.

CAPÍTULO IX

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AUDET, P. AND C. CHAREST. **“Heavy metal phytoremediation from a meta-analytical perspective”**. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17045709>. Consultada el 30 de Mayo del 2017.
2. Atul Bhargava, Francisco F.Carmona, Meenakshi Bhargava y Shilpi Srivastava. **Approaches for enhanced phytoextraction of heavy metals. Journal of Environmental Management** 105, 103-120. 2012.
3. BLANCO FABIO A., SALAS EDUARDO A., **Micorrizas en la agricultura: contexto mundial e investigación realizada en Costa Rica**, disponible en: http://www.mag.go.cr/rev_agr/v21n01_055.pdf, consultada el 24 de abril del 2017.
4. CARRILLO, LEONOR. **MICROBIOLOGÍA AGRÍCOLA**, Universidad Nacional de Salta, 2003.
5. CASTILLO ORTIZ, Alberto. **Estudio del desarrollo de la especie *Ricinus communis* cultivada en residuos mineros en condiciones de invernadero**. Tesis de maestría. México D.F. Instituto Politécnico Nacional. 2015.

6. CCM SALUD, **Glosario de Definiciones**, disponible en:
<http://salud.ccm.net/faq/15752-plomo-definicion>, consultada el 19 de abril del 2017.
7. CEDERSTAV Y BARANDIARÁN. **LA OROYA NO ESPERA**, Asociacion Interamericana para la Defensa del Ambiente y Sociedad Peruana de Derecho Ambiental, 2002.
8. CHANEY RUFUS (1997). **Phytoremediation of Soil Metals. Environmental Chemistry Lab, US Department of Agriculture-Agricultural Research Service.** Disponible en:
http://soils.wisc.edu/facstaff/barak/temp/opin_fin.htm. Consultada el 10 de abril del 2017.
9. CHIN, L. **Investigations into Lead (Pb) Accumulation in Symphytum officinale L.: A Phytoremediation Study.** Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in Plant Biotechnology. Christchurch, New Zealand. University of Canterbury. 329, 2007
10. COLIN CRUZ A & JIMENEZ MOLEON, **Principios basicos de la contaminacion ambiental**, Mdc. Quimica Ambietal. P 61-94 En: Solés Segura LM & Lopez Arriaga JA (ed) Mexico. 2003
11. CONSTITUCIÓN POLITICA DEL PERÚ
12. CUNNINGHAM, SCOTT D. **Phytoremediation of contaminated soils**, Trends in Biotechnology, Volume 13, Issue 9, Pages 393-397, 1995
13. DHARMENDRA KUMAR GUPTA, **Plant-Based Remediation Processes**, Editorial Springer. Volume 35. 2013.

14. EL COMERCIO (2016). **Callao: niveles de plomo se multiplican por seis desde el 2012**. Disponible en: <https://elcomercio.pe/lima/callao-niveles-plomo-multiplican-seis-2012-148172>. Consultada el 25 de Julio del 2018.
15. FITZ, Walter & WENZEL. **Transformaciones de arsénico en el sistema suelo-rizosfera-planta: fundamentos y aplicación potencial a la fitorremediación**, en Revista de Biotecnología. 2002
16. FONNEGRA G. R., R. FONNEGRA FOMEZ., S. L. JIEMENEZ R. **Plantas medicinales aprobadas en Colombia**. Universidad de Antioquia, 2007.
17. GHOSH.M & S.P.SINGH S.P. **A Review On Phytoremediation Of Heavy Metals And Utilization Of Its Byproducts**. Disponible en: http://www.aloki.hu/pdf/0301_001018.pdf. Consultada el: 30 de mayo del 2018.
18. GREIPSSON, SIGURDUR, **Phytoremediation, Department of Biology & Physics**, Kennesaw State University, 2011.
19. HAZRAT, A., K. EZZAT AND A. S. MUHAMMAD. **Phytoremediation of heavy metals-Concepts and applications**. Chemosphere, 91: 869-881. 2013.
20. HEMERLY, F.X. **Mamona: Comportamento e tendências no Brasil**. EMBRAPA, Brasília, D.F. Departamento de Informação e Documentação. 1981
21. INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENT AND BIOENERGY (2012). **Phytoremediation and Its Mechanisms: A Review**. Disponible en: file:///C:/Users/Personal/Downloads/2012_Phytoremediation%20and%20It

- [s%20Mechanisms-%20A%20Review.pdf](#). Consultada el 20 de abril del 2017.
22. KULDEEP BAUDDH y Otros. **Phytoremediation Potencial of Bionergy Plants**. Singapur. Editorial Springer. Primera Edición. 2017.
23. LLUGANY, R. TOLRÀ, C. POSCHNRIEDER, J. BARCELÓ. **Hiperacumulación de metales: ¿una ventaja para la planta y para el hombre?**, en *Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*. Ecosistemas 16 (2): 4-9. Mayo 2007.
24. M. Martín, F. Martínez-Granero y R. Rivilla. **Colonización de la rizosfera por pseudomonas**, Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Marta_Martin5/publication/233782241_Colonizacion_de_la_rizosfera_por_Pseudomonas/links/00b49519a1db6879ca000000/Colonizacion-de-la-rizosfera-por-Pseudomonas.pdf, Consultada el: 30 de Mayo del 2018.
25. MACNAIR, M. **Within and between population genetic variation for zinc accumulation in Arabidopsis halleri**. *New Phytologist*. Vo1.155: 59-66. 2002.
26. MAQUEDA GÁLVEZ, Alma Patricia. **Fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados - Departamento de Química y Biología**, Tesis Maestría. México. Biotecnología. Universidad de las Américas Puebla. 2003.
27. MATTINA, M.I.; LANNUCCI-BERGER, W.; MUSANTE, C. Y WHITE, J.C. **“Concurrent plant uptake of heavy metals and persistent organic**

- pollutants from soil**". (20 de enero de 2013). Disponible en: [http://pubget.com/paper/12758018/Concurrent plant uptake of heavy metals and persistent organic pollutants from soil](http://pubget.com/paper/12758018/Concurrent_plant_uptake_of_heavy_metal_and_persistent_organic_pollutants_from_soil). Consultado el 18 de abril del 2017.
28. MEERS, E. **Phytoextraction of heavy metals from contaminated dredged sediments**. Ph.D. Thesis. Ghent, Ghent University. Bélgica. 345. 2004-2005
29. MENGEL, K. KIRKBY, A. E. **Principles of plant nutrition**. Kluwer academic Publishers de Holanda. 2001.
30. MEZA TREVIÑO, Nancy Yadira. **Fitorremediación de plomo (Pb) y arsénico (As) con Higuera (*Ricinus communis*) en asociación con micorrizas**. Tesis de maestría. Bermejillo, Durango, México. Universidad Autónoma de Chapingo. 2014.
31. MINISTERIO DEL AMBIENTE, **Glosario de términos**, disponible en: <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/02/2016-05-30-Conceptos-propuesta-Glosario.pdf>. Consultada el 25 de abril del 2017.
32. MINISTERIO DEL AMBIENTE, **Guía para muestreo de suelos**, disponible en: http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/GUIA-MUESTREO-SUELO_MINAM1.pdf. Consultada el 20 de abril del 2017.
33. MOYA, Rufino, **Estadística Descriptiva Conceptos y Aplicaciones**, Perú, editorial "San Marcos". 1991.

34. ORGANISMO MUNDIAL DE LA SALUD. **Intoxicación por plomo y salud.**
Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs379/es/>.
Consultada el 5 de abril del 2017.
35. ORTIZ, H.; TREJO, R.; VADEZ, R.D.; ARREOLA, J.G.; FLORES, A.; LÓPEZ, B. **Fitoextracción de plomo y cadmio en los suelos contaminados usando quelite (*Amaranthus hybridus* L) y micorrizas.**
Revista Chapingo Serie Horticultura. 15(2): 161-168. 2009
36. PRASAD, M.N.V. **Phytoremediation of metals in the environment for sustainable development.** Proc. Indian Natl. Sci. Acad. Part B 70, 71–98. 2004
37. ROBLES. S.R. **Producción de oleaginosas y textiles.** Ed. LIMUSA. México. Pag. 507-518. 1980
38. RODRÍGUEZ ORTIS, Juan Carlos y Otros. **Revista Fitotecnia Mexicana – Capacidad de seis especies vegetales para acumular plomo en suelos contaminados.** Vol. 29: 2 a 8. 2006.
39. SALAS, F. **Selección In Vitro De Plantas Tolerantes A Plomo Para Su Uso En Fitorremediacion.** Tesis de especialidad, México. Universidad Autónoma Metropolitana. 39. 2007
40. SALT, D. E., BLAYLOCK, M., KUMAR, N., DUSHENKOV, V., ENSLEY, B., CHET, I., & RASKIN, I. **Phytoremediation: a novel strategy for the removal of toxic metals from the environment using plants.** Bio – Technology, 13, 468-464,1995.

41. SCHNOOR, J.L. **Phytoremediation, Technology Evaluation Report to the Ground-Eater Remediation Technologies Center.** 2000
42. SHARMA, PARUL, AND SONALI PANDEY. **"Status of Phytoremediation in World Scenario."** International Journal of Environmental Bioremediation & Biodegradation, 2014.
43. SHEORAN, V., SHEORAN, A., POONIA, P. **Role of hyperaccumulators in phytoextraction of metals from contaminated mining sites: a review.** Crit. Rev. Environ. Sci. Technol. 41, 168–214. 2011.
44. TÁVORA, F.J. **Cultura da Mamona. Empresa de Pesquisa Agropecuaria do Ceará.** Fortaleza. 1982
45. THE UNIVERSITY OF ARIZONA. **Jales Mineros.** Disponible en: <http://binational.pharmacy.arizona.edu/content/jales-mineros>. Consultada el 28 de agosto del 2017.
46. THIEMAN, W., PALLADINO, M. **Introducción a la Biotecnología.** Madrid. Editorial Pearson. Segunda Edición. 2010
47. VAMERALI T., BANDIERA M., MOSCA G. **Field crops for phytoremediation of metal-contaminated land.** *Environmental Chemistry Letters*, Vol. 8: 1–17. 2010.

**CAPÍTULO X
APÉNDICE**

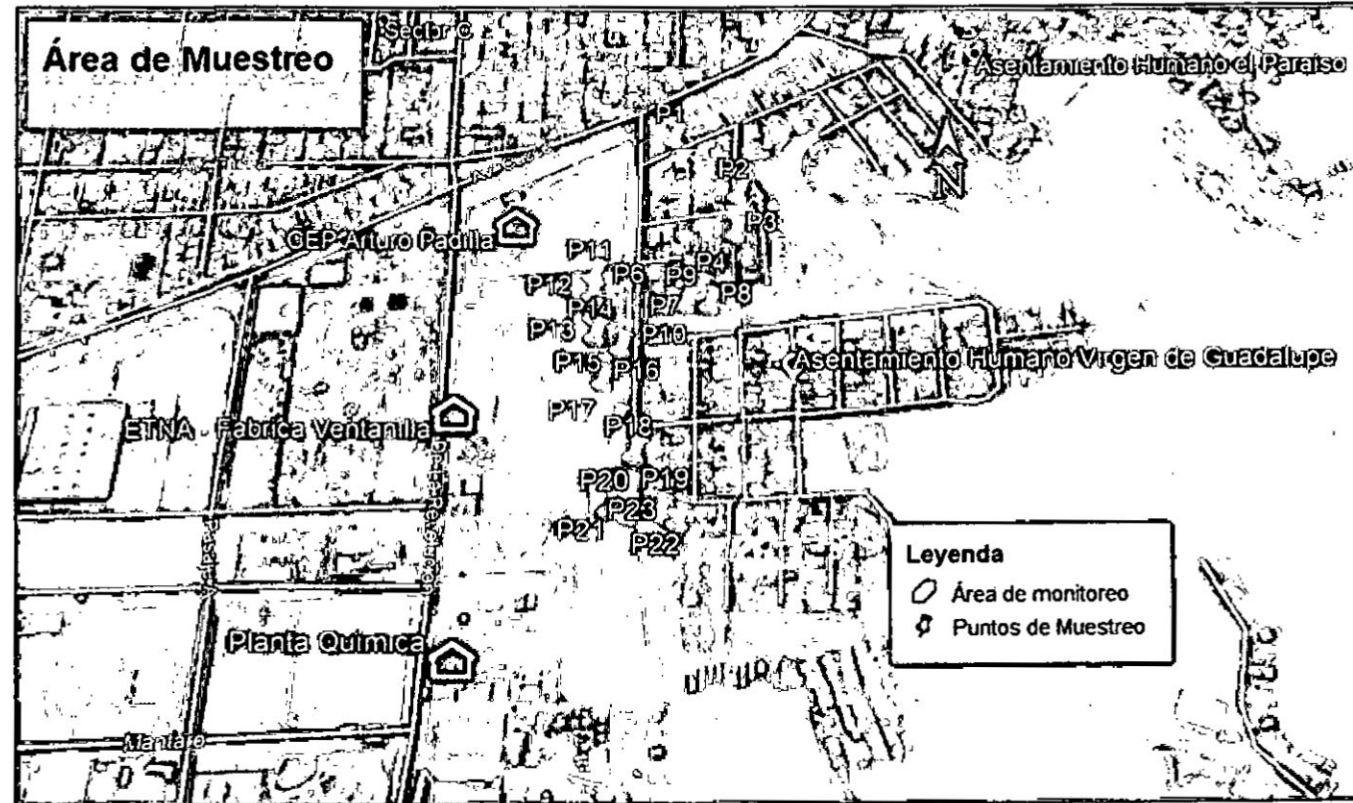
A) Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
¿El tratamiento con <i>Ricinus communis</i> sería un método adecuado para fitorremediar suelos contaminados con plomo?	<p>Objetivo General: Proponer la fitorremediación con <i>Ricinus communis</i> para el tratamiento de suelos contaminados con plomo.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar el contenido inicial de plomo en el suelo. • Realizar la caracterización fisicoquímica inicial del suelo. • Evaluar la tolerancia al plomo del <i>Ricinus communis</i> a diferentes concentraciones de plomo. • Determinar el Factor de Traslocación del <i>Ricinus communis</i>. • Determinar el Factor de Bioconcentración del <i>Ricinus communis</i>. • Determinar la extracción de plomo del <i>Ricinus communis</i>. 	La fitorremediación de suelos con <i>Ricinus communis</i> trata significativamente los suelos contaminados con plomo.	<p>Independiente: Fitorremediación con <i>Ricinus communis</i>.</p> <p>Dependiente: Tratamiento de los suelos contaminados con plomo.</p>	<p>De la variable independiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tolerancia de la planta • Extracción del plomo • Factor de traslocación • Factor de bioconcentración <p>De la variable dependiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Concentración de plomo • pH • Textura • Porcentaje de humedad 	La investigación es de tipo experimental - correlacional. La investigación viene a ser de tipo Experimental debido a que se estudia la variable X= (Fitorremediación con <i>Ricinus communis</i>) como causa y la variable Y= (Tratamiento de los suelos contaminados con plomo) como efecto. A la vez se analiza la interacción entre las 2 variables por eso viene a ser también una investigación del tipo Correlacional.

Fuente: Elaboración propia

B) Mapa de muestreo

Figura 10.1 Área de Muestreo – Asentamiento Humano Virgen de Guadalupe – Mi Perú



Fuente: Elaboración Propia

C) Panel fotográfico

Figura 10.2 Punto de muestreo – El Mirador



Figura 10.3 Extracción de suelo de un punto de muestreo

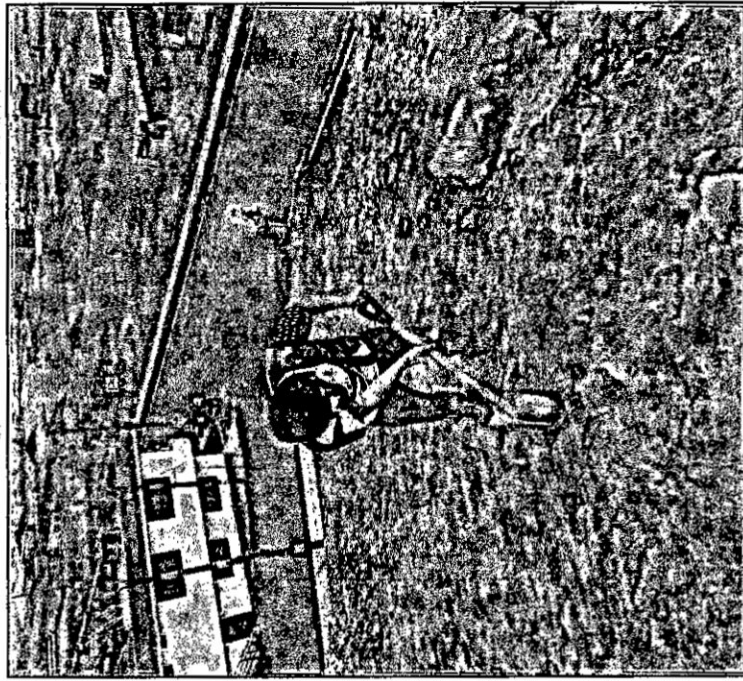


Figura 10.6: Semillas del *Ricinus communis*



Figura 10.7: Cultivo de semillas de *Ricinus communis*

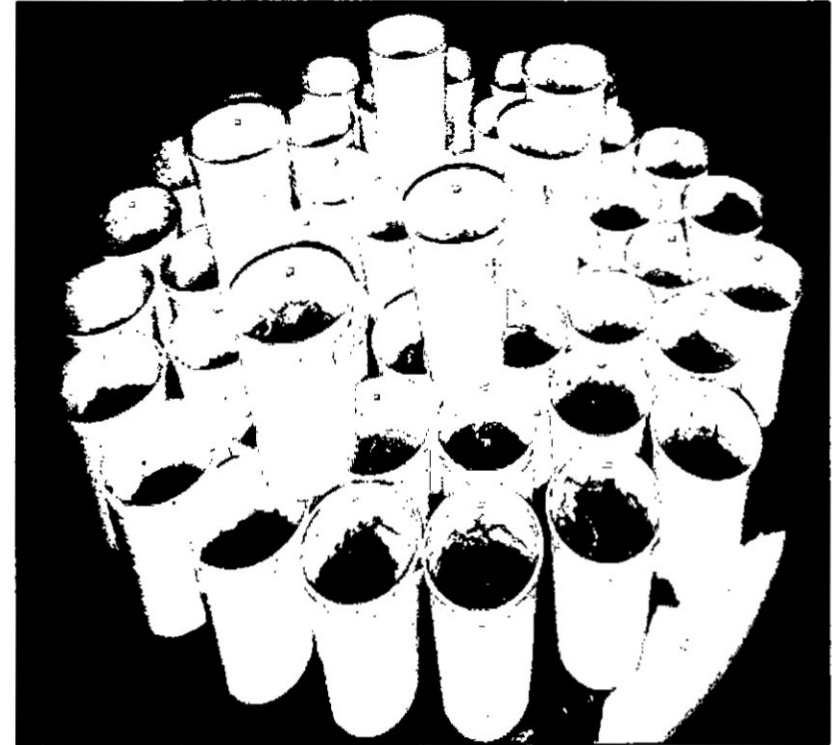


Figura 10.8: Trasplante del *Ricinus communis* a maceteros luego de 2 meses de cultivados (Tiempo "0")



Figura 10.9: Maceteros luego de 15 días de trasplantar



*Se observa que las plantas de los tratamientos de 955.94 mg/kg y de 1210.32 mg/kg de Pb no sobrevivieron después de los 15 días de trasplante.

Figura 10.10: Maceteros luego de 100 días de tratamiento.

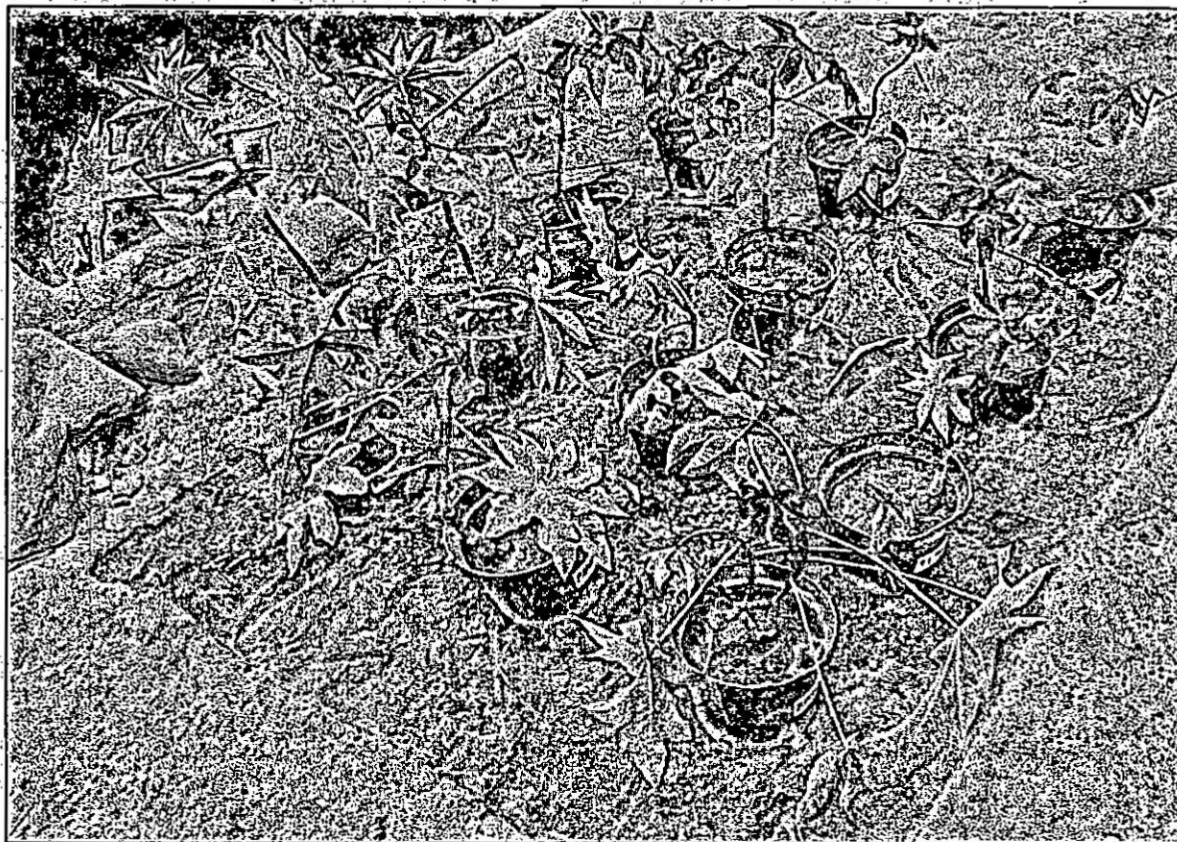


Figura 10.11: Muestreo destructivo del *Ricinus communis* (100 días)



Figura 10.12: Medición de la raíz principal del *Ricinus communis* (100 días)

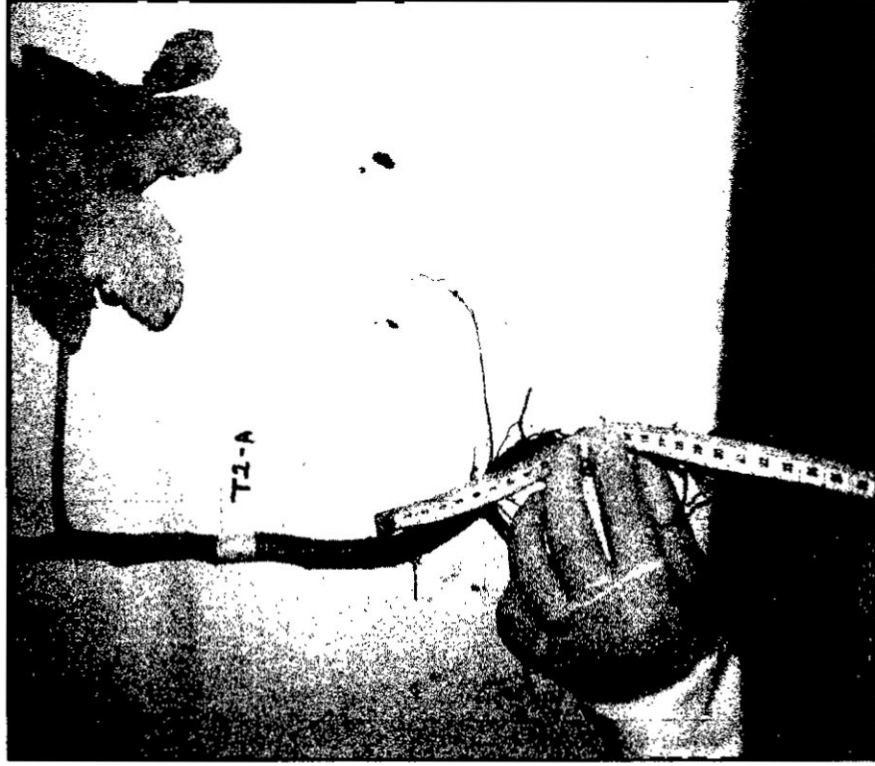


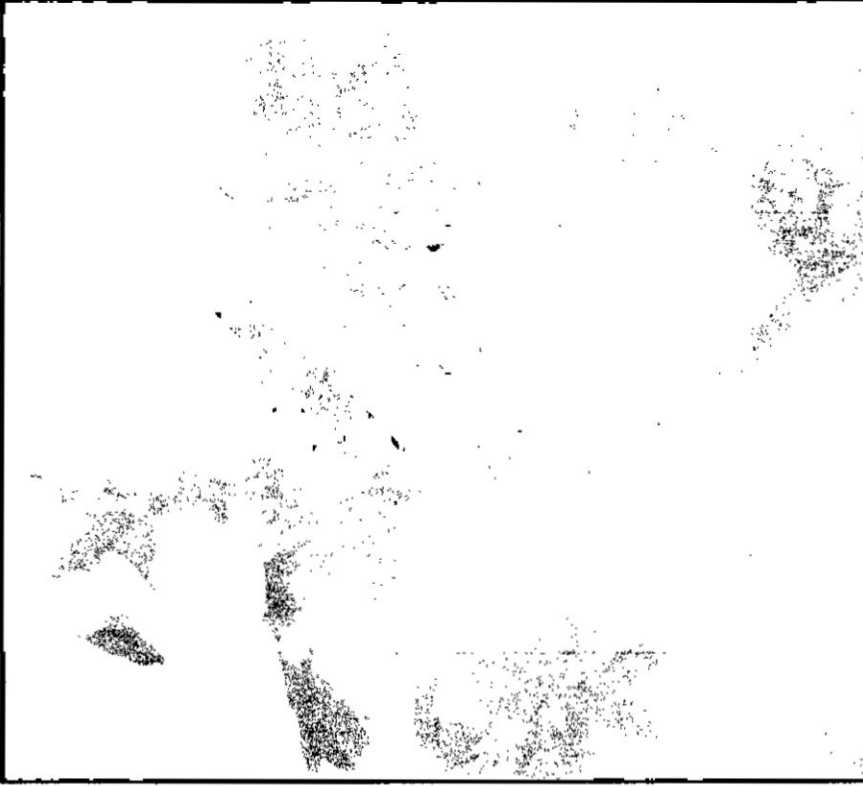
Figura 10.13: Medición del tallo principal del *Ricinus communis* (100 días)



Figura 10.14: Medición de Peso húmedo del *Ricinus communis* (100 días)



Figura 10.15: Conteo de las hojas del *Ricinus communis* (100 días)



D) Resumen de resultados de laboratorio

Tabla 10.1 Resumen de resultados finales de contenido de Pb en el suelo y en el *Ricinus communis*

Tratamiento	Repetición	Concentración de plomo final en el suelo (mg/kg)	Concentración de plomo en la planta (mg/kg)	Suma total (mg/kg)
221.2 mg/kg	A	112.64	73.84	186.48
221.2 mg/kg	B	116.72	61.54	178.26
221.2 mg/kg	C	129.67	50.69	180.36
458.62 mg/kg	A	361.28	44.22	405.5
458.62 mg/kg	B	356.29	51.84	408.13
458.62 mg/kg	C	397.68	39.91	437.59
704.36 mg/kg	A	675.69	14.25	689.94
704.36 mg/kg	B	625.37	20.24	645.61
704.36 mg/kg	C	672.6	5.21	677.81

Donde:

Suma Total = Concentración de plomo final en el suelo + Concentración de plomo en la planta

Fuente: *Elaboración propia*

D) Resumen de resultados de laboratorio

Tabla 10.1 Resumen de resultados finales de contenido de Pb en el suelo y en el *Ricinus communis*

Tratamiento	Repetición	Concentración de plomo final en el suelo (mg/kg)	Concentración de plomo en la planta (mg/kg)	Suma total (mg/kg)
221.2 mg/kg	A	112.64	73.84	186.48
221.2 mg/kg	B	116.72	61.54	178.26
221.2 mg/kg	C	129.67	50.69	180.36
458.62 mg/kg	A	361.28	44.22	405.5
458.62 mg/kg	B	356.29	51.84	408.13
458.62 mg/kg	C	397.68	39.91	437.59
704.36 mg/kg	A	675.69	14.25	689.94
704.36 mg/kg	B	625.37	20.24	645.61
704.36 mg/kg	C	672.6	5.21	677.81

Donde:

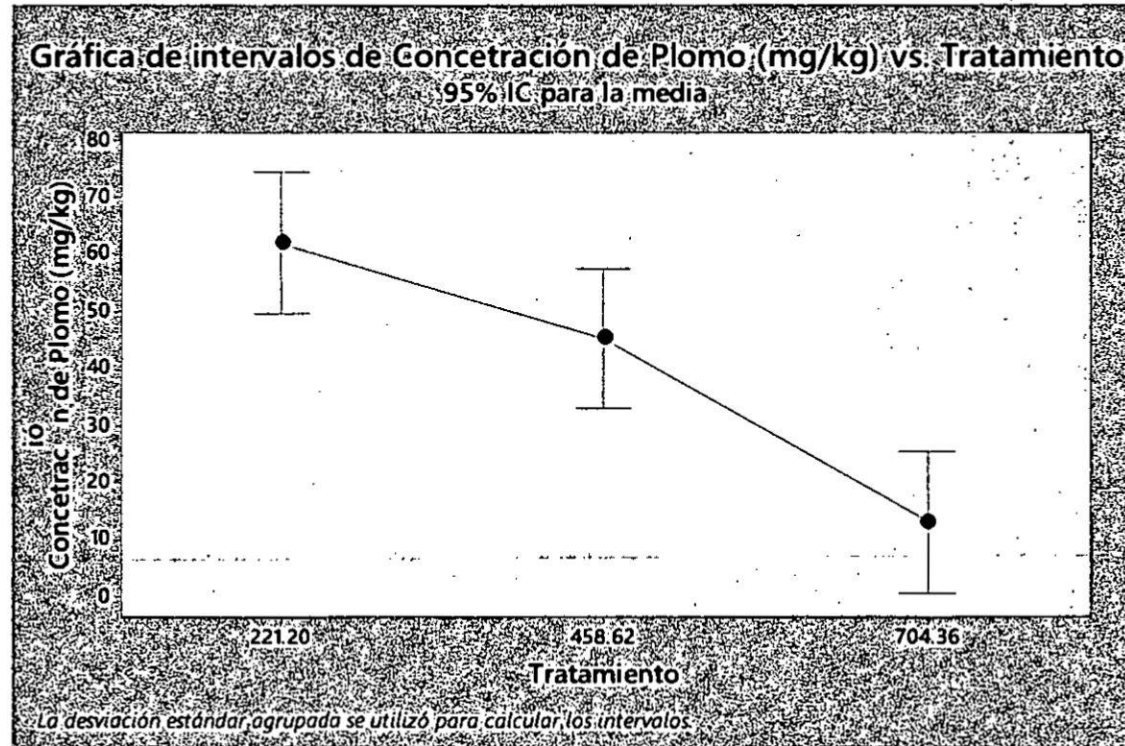
Suma Total = Concentración de plomo final en el suelo + Concentración de plomo en la planta

Fuente: *Elaboración propia*

E) Gráficos de análisis estadístico

GRÁFICO N°10.1

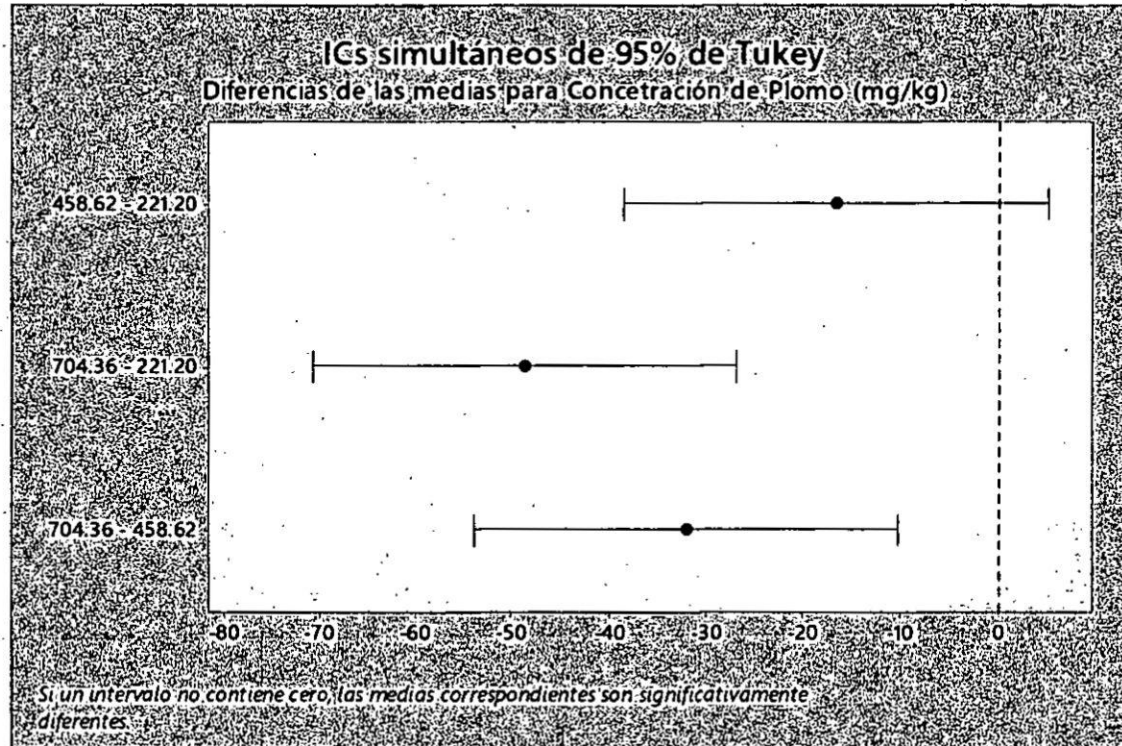
GRÁFICA DE INTERVALOS DE CONCENTRACIÓN DE PLOMO VS TRATAMIENTO



Fuente: Software Minitab versión 18

GRÁFICO N°10.2

GRÁFICA DE COMPARACIONES EN PAREJAS DE TUKEY



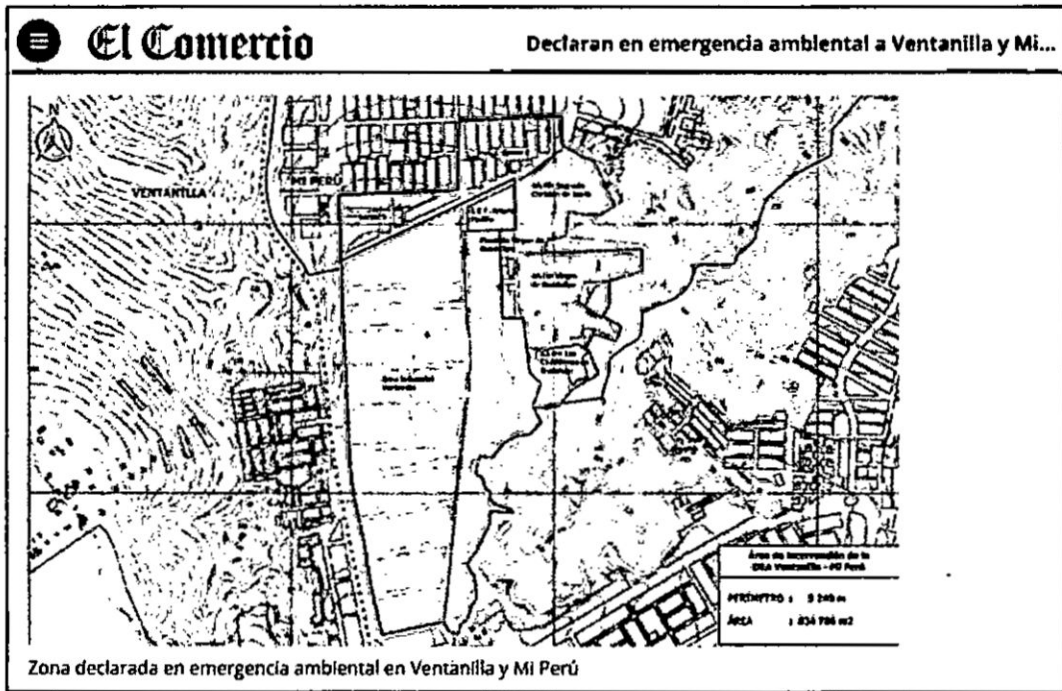
Fuente: Software Minitab versión 18

CAPÍTULO XI

ANEXOS

A) Notas periodísticas

Figura 11.1 Nota periodística de la contaminación de plomo en el Asentamiento Humano Virgen de Guadalupe – Mi Perú.



Fuente: Diario El Comercio

Figura 11.2 Nota periodística de la contaminación de plomo en el Asentamiento Humano Virgen de Guadalupe – Mi Perú.

C Política Perú Mundo Lima Deportes Economía Espectáculos Tendencia Salud Gastronomía Opinión

06 de Septiembre del 2017 - 10:11 - Textos: Redacción Multimedia - Fotos: Captura: TV Perú

Un grupo de padres acompañados por sus hijos salieron a protestar esta mañana hasta la avenida Néstor Gambetta contra las emisiones de las fábricas ubicadas en la zona industrial del distrito de Mi Perú, en Ventanilla, esto porque la sangre de al menos 500 niños del asentamiento humano Virgen de Guadalupe se encuentra contaminada con plomo.



Según un estudio efectuado por la Dirección de Aseguramiento y Calidad en Salud (Diresa) a 501 niños en noviembre del año pasado, presentado en esta ocasión por la doctora Pilar García, unida a la protesta, el 100% de los niños evaluados arrojó tener plomo en la sangre.

La doctora precisó que esta clase de contaminación viene dándose desde el 2005. Asimismo, precisó que todos los niños están contaminados con plomo en diferentes categorías.

Fuente: Diario Correo

B) Tablas para el muestreo

Figura 11.3 Número mínimo de puntos de muestreo para el Muestreo de Identificación

Guía para el Muestreo de Suelos

Tabla N° 5: Número mínimo de puntos de muestreo para el Muestreo de Identificación

ÁREA DE POTENCIAL INTERÉS (HA)	PUNTOS DE MUESTREO EN TOTAL
0,1	4
0,5	6
1	9
2	15
3	19
4	21
5	23
10	30
15	33
20	36
25	38
30	40
40	42
50	44
100	50

Fuente: Guía para Muestreo de Suelos 2014

Figura 11.4 Recipientes, Temperatura de Preservación y Tiempo de Conservación de Muestras

Tabla N°4: Recipientes, temperatura de preservación y tiempo de conservación de muestras ambientales para los análisis correspondientes.

PARÁMETRO	TIPO DE RECIPIENTE	TEMPERATURA DE PRESERVACIÓN	TIEMPO MÁXIMO DE CONSERVACIÓN
Compuestos Orgánicos Volátiles COV's.	Frasco de vidrio boca ancha, con tapa y sello de teflón.	4° C.	14 días.
BTEX.			
Hidrocarburos Fracción Ligera			
Hidrocarburos Fracción Media			
Hidrocarburos Fracción Pesada			
Compuestos Orgánicos Semi-volátiles COSV's y Plaguicidas.			
Metales Pesados y Metaloides.	Bolsas de polietileno densa.	Sin restricciones.	Sin restricciones.
Mercurio (Hg).	Frasco de vidrio con tapa de teflón que asegure la integridad de las muestras hasta su análisis.	4° C.	14 días.
PCB.	Viales de vidrio con cierre de Teflón.	4° C.	14 días.
PAH.	Viales de vidrio con cierre de Teflón.	4° C.	14 días.

Fuente: Guía para Muestreo de Suelos 2014

Figura 11.5 Tabla de Profundidad del Muestreo Según uso del Suelo

Tabla N° 2: Profundidad del muestreo según el uso del suelo

USOS DEL SUELO	PROFUNDIDAD DEL MUESTREO (CAPAS)
Suelo Agrícola.	0 – 30 cm (1) 30 – 60 cm
Suelo Residencial/Parques	0 – 10 cm (2) 10 – 30 cm (3)
Suelo Comercial/Industrial/Extractivo	0 – 10 cm (2)

1) Profundidad de aradura
2) Capa de contacto oral o dermal de contaminantes
3) Profundidad máxima alcanzable por niños

Fuente: Guía para Muestreo de Suelos 2014

C) DS N° 011-2017-MINAM Estándares de Calidad Ambiental para Suelo

Que, de conformidad con lo previsto en el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la Publicidad, Publicación de Proyectos Normativos y Difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS, y el artículo 39 del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM; corresponde disponer la publicación de la propuesta de metodología en el Diario Oficial El Peruano, antes de la fecha prevista para su entrada en vigencia, con la finalidad de permitir a las personas interesadas formular los comentarios y aportes respectivos;

Con los vistos de la Secretaría General, la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos, la Oficina de Asesoría Jurídica, y en uso de las facultades conferidas en la Ley de Recursos Hídricos, el Reglamento de Organización y Funciones de esta autoridad, aprobado por Decreto Supremo N° 06-2010-AG, y modificado por Decreto Supremo N° 012-2016-MINAGRI;

SE RESUELVE:

Artículo 1.- Dispongase la publicación de la presente resolución en el Diario Oficial El Peruano y del documento denominado "Metodología para la determinación del Índice de calidad de agua para los recursos hídricos superficiales en el Perú ICA-PE", en el portal web de la Autoridad Nacional del Agua: www.ana.gob.pe, por el plazo de quince (15) días hábiles, a fin que los interesados remitan sus opiniones y sugerencias a la dirección electrónica siguiente: IndiceCalidadAgua@ana.gob.pe.

Artículo 2.- Encargar a la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos, la recepción y análisis de los aportes y comentarios que se presenten respecto al documento citado en el artículo precedente.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ABELARDO DE LA TORRE VILLANUEVA
Jefe
Autoridad Nacional del Agua

1593024-1

AMBIENTE

Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo

DECRETO SUPREMO
N° 011-2017-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, de acuerdo con lo establecido en el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante la Ley, el Estado, 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 la Ley;

Que, el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley 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; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, así como un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental;

Que, según lo dispuesto en el numeral 33.1 del artículo 33 de la Ley, la Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de ECA y, en coordinación con los sectores correspondientes, elabora o encarga las propuestas de ECA, las que serán remitidas a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante decreto supremo;

Que, en virtud de lo dispuesto por el numeral 33.4 del artículo 33 de la Ley, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

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, esta entidad tiene como función específica elaborar los ECA, los cuales deberán contar con la opinión del sector correspondiente y ser aprobados mediante decreto supremo;

Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM se aprueban los ECA para Suelo y, a través del Decreto Supremo N° 002-2014-MINAM se aprueban las disposiciones complementarias para su aplicación;

Que, asimismo, mediante Decreto Supremo N° 013-2015-MINAM se dictan las reglas para la presentación y evaluación del Informe de Identificación de Sitios Contaminados;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 331-2016-MINAM se crea el Grupo de Trabajo encargado

— ORGANIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN —

El Peruano

REQUISITO PARA PUBLICACIÓN DE NORMAS LEGALES Y SENTENCIAS

Se comunica a las entidades que conforman el Poder Legislativo, Poder Ejecutivo, Poder Judicial, Organismos constitucionales autónomos, Organismos Públicos, Gobiernos Regionales y Gobiernos Locales, que para efectos de la publicación de sus disposiciones en general (normas legales, reglamentos jurídicos o administrativos, resoluciones administrativas, actos de administración, actos administrativos, etc) con o sin anexos, que contengan más de una página, se adjuntará un CD o USB en formato Word con su contenido o este podrá ser remitido al correo electrónico normaslegales@editorsperu.com.pe.

LA DIRECCIÓN

de establecer medidas para optimizar la calidad ambiental, siendo una de sus funciones específicas, analizar y proponer medidas para mejorar la calidad ambiental del país;

Que, en mérito a la evaluación técnica realizada por el citado Grupo de Trabajo, se identificó la necesidad de actualizar los ECA para Suelo;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 182-2017-MINAM, el Ministerio del Ambiente dispuso la prepublicación del proyecto de Decreto Supremo que aprueba los ECA para Suelo, en cumplimiento del artículo 39 del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, y el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad, publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS; en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios al mismo;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú; la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo; el Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización, y Funciones del Ministerio del Ambiente; y la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente;

DECRETA:

Artículo 1.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo

Apruébase los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, que como Anexo forman parte integrante del presente decreto supremo.

Artículo 2.- Los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo como referente obligatorio

Los ECA para Suelo constituyen un referente obligatorio para el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, y son aplicables para aquellos parámetros asociados a las actividades productivas, extractivas y de servicios.

Artículo 3.- De la superación de los ECA para Suelo

De superarse los ECA para Suelo, en aquellos parámetros asociados a las actividades productivas, extractivas y de servicios, las personas naturales y jurídicas a cargo de estas deben realizar acciones de evaluación y, de ser el caso, ejecutar acciones de remediación de sitios contaminados, con la finalidad de proteger la salud de las personas y el ambiente.

Lo indicado en el párrafo anterior no aplica cuando la superación de los ECA para Suelo sea inferior a los niveles de fondo, los cuales proporcionan información acerca de las concentraciones de origen natural de las sustancias químicas presentes en el suelo, que pueden incluir el aporte de fuentes antrópicas no relacionadas al sitio en evaluación.

Artículo 4.- Refrendo

El presente decreto supremo es refrendado por la Ministra del Ambiente, la Ministra de Energía y Minas, el Ministro de Salud, el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento, el Ministro de la Producción, el Ministro de Transportes y Comunicaciones, y el Ministro de Agricultura y Riego.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Primera.- Criterios para la gestión de sitios contaminados

Mediante decreto supremo, a propuesta del Ministerio del Ambiente y en coordinación con los sectores competentes, se aprobarán los criterios para la gestión de sitios contaminados, los mismos que regulan las acciones señaladas en el artículo 3 del presente decreto supremo.

Segunda.- Aplicación del ECA para Suelo en los instrumentos de gestión ambiental aprobados

La aplicación de los ECA para Suelo en los instrumentos de gestión ambiental aprobados, que sean de carácter preventivo, se realiza en la actualización o modificación de los mismos, en el marco de la normativa vigente del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA). En el caso de instrumentos correctivos, la aplicación de los ECA para Suelo se realiza conforme a la normativa ambiental sectorial correspondiente.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS TRANSITORIAS

Primera.- Instrumento de gestión ambiental en trámite ante la Autoridad Competente

Los/as titulares que, antes de la entrada en vigencia de la presente norma, hayan iniciado un procedimiento administrativo para la aprobación del instrumento de gestión ambiental ante la autoridad competente, tomarán en consideración los ECA para Suelo vigentes a la fecha de inicio del procedimiento.

Luego de aprobado el instrumento de gestión ambiental por la autoridad competente, los/as titulares deberán considerar lo establecido en la Segunda Disposición Complementaria Final, a efectos de aplicar los ECA para Suelo aprobados mediante el presente decreto supremo.

Segunda.- De los procedimientos en trámite para la adecuación de los instrumentos de gestión ambiental a los ECA

Los procedimientos de adecuación de los instrumentos de gestión ambiental a los estándares de calidad ambiental (ECA), iniciados con anterioridad a la vigencia del presente decreto supremo, se resuelven conforme a las disposiciones normativas vigentes al momento de su inicio.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA DEROGATORIA

Única.- Derogación

Derógase el Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, y el Decreto Supremo N° 003-2014-MINAM, que aprueba la Directiva que establece el procedimiento de adecuación de los instrumentos de gestión ambiental a nuevos Estándares de Calidad Ambiental (ECA).

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, al primer día del mes de diciembre del año dos mil diecisiete.

PEDRO PABLO KUCZYNSKI GODARD
Presidente de la República

JOSÉ MANUEL HERNÁNDEZ CALDERÓN
Ministro de Agricultura y Riego

ELSA GALARZA CONTRERAS
Ministra del Ambiente

CAYETANA ALJOVÍN GAZZANI
Ministra de Energía y Minas

PEDRO OLAECHEA ÁLVAREZ CALDERÓN
Ministro de la Producción

FERNANDO ANTONIO D'ALESSIO IPINZA
Ministro de Salud

BRUNO GIUFFRÀ MONTEVERDE
Ministro de Transportes y Comunicaciones

CARLOS RICARDO BRUCE MONTES DE OCA
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

- correspondiente al parámetro bajo análisis.
- (8) Para aquellos parámetros respecto de los cuales no se especifican los métodos de ensayo empleados para la determinación de las muestras, se deben utilizar métodos que cumplan con las condiciones señaladas en la nota (7).
 - (9) EPA: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (Environmental Protection Agency, por sus siglas en inglés).
 - (10) Este parámetro comprende la suma de Xlenos: o-xileno, m-xileno y p-xileno. En el respectivo informe de ensayo se debe reportar la suma de los Xlenos, así como las concentraciones y límites de cuantificación de los tres (3) isómeros de manera individual.
 - (11) Fracción de Hidrocarburos F1 o fracción ligera: Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contienen entre seis y diez átomos de carbono (C6 a C10). Los hidrocarburos de fracción ligera deben analizarse en los siguientes productos: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, solventes, gasolinas, gas nafta, entre otros.
 - (12) Fracción de hidrocarburos F2 o fracción media: Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contienen mayor a diez y hasta veintiocho átomos de carbono (>C10 a C28). Los hidrocarburos fracción media deben analizarse en los siguientes productos: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, gasóleo, diesel, turbotina, queroseno, mezcla de creosota, gasolvente, gasolinas, gas nafta, entre otros.
 - (13) Fracción de Hidrocarburos F3 o fracción pesada: Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contienen mayor a veintiocho y hasta cuarenta átomos de carbono (>C28 a C40). Los hidrocarburos fracción pesada deben analizarse en los siguientes productos: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, parafinas, petrolitos, aceites del petróleo, entre otros.
 - (14) Suma de siete PCB indicadores: PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153 y PCB 180.
 - (15) De acuerdo con la metodología de Alberta Environment (2009): *Soil remediation guidelines for berite: environmental health and human health*. ISBN No. 978-0-7785-7691-4. En el caso de sitios con presencia de beritina se podrán aplicar los valores establecidos para Berio total real en la Tabla 1. Un sitio con presencia de beritina se determina cuando todas las muestras de suelo cumplen con los valores establecidos para Berio extraíble, de acuerdo con lo indicado en la tabla 1.

Tabla 1. Valores para berio en sitios con presencia de beritina^(a)

Parámetros en mg/kg PS	Uso del suelo		
	Suelo Agrícola ^(b)	Suelo Residencial/ Parques ^(c)	Suelo Comercial/ ^(d) Industrial/ Extractivo ^(e)
Berio extraíble ^(a) (Extractable Berium)	250	250	450
Berio total real en sitios con presencia de beritina ^(a) (True total Berium at Berite Sites)	10 000	10 000	15 000 ^(a) 140 000 ^(b)

Notas:

- (a) A efectos de aplicar los valores establecidos para el Berio total, Berio extraíble o Berio total real en sitios con presencia de beritina, corresponde utilizar el procedimiento detallado por Alberta Environment (2009). *Soil remediation guidelines for berite: environmental health and human health*. ISBN N° 978-0-7785-7691-4.
- (b) 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.
- (c) 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.
- (d) Suelo comercial: Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla está relacionada con operaciones comerciales y de servicios.
- (e) 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.
- (f) Se determina mediante la medición en solución extractora 0,1 M CaCl₂, de acuerdo con la metodología establecida por Alberta Environment (2009). *Soil remediation guidelines for berite: environmental health and human health*. ISBN N° 978-0-7785-7691-4.
- (g) Valores aplicables en sitios que cumplen con las concentraciones de Berio extraíble. La concentración del Berio total real se determina mediante las técnicas de fusión XRF o por fusión ICP, de acuerdo con la metodología establecida por Alberta Environment (2009). *Soil remediation guidelines for berite: environmental health and human health*. ISBN N° 978-0-7785-7691-4.
- (h) Suelo comercial.
- (i) Suelo industrial/extractivo.
- (16) DIN: Instituto Alemán de Normalización (Deutsches Institut für Normung, por sus siglas en alemán).

1693392-6

Aprueban Criterios para la Gestión de Sitios Contaminados

**DECRETO SUPREMO
N° 012-2017-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, el artículo I del Título Preliminar de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante la Ley, señala que 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 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, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 de la Ley, el Estado, 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 la citada Ley;

Que, en virtud del numeral 16.2 del artículo 16 de la Ley, los instrumentos de gestión ambiental constituyen medios operativos que son diseñados, normados y aplicados con carácter funcional o complementario para efectivizar el cumplimiento de la Política Nacional Ambiental y las normas ambientales que rigen en el país;

Que, asimismo, según lo dispuesto por el numeral 17.2 del artículo 17 de la Ley, los planes de remediación constituyen un tipo de instrumento de gestión ambiental;

Que, el numeral 30.1 del artículo 30 de la Ley, referido a los planes de descontaminación y el tratamiento de pasivos ambientales, señala que estos están dirigidos a remediar impactos ambientales originados por uno o varios proyectos de inversión o actividades, pasados o presentes; asimismo, precisa que los citados planes deben considerar el financiamiento y las responsabilidades que correspondan a los titulares de las actividades contaminantes, incluyendo la compensación por los daños generados, bajo el principio de responsabilidad ambiental;

Que, de conformidad con el numeral 30.2 del artículo 30 de la Ley, las entidades con competencias ambientales promueven y establecen planes de descontaminación y recuperación de ambientes degradados, y la Autoridad Ambiental Nacional establece los criterios para su elaboración;

D) Informes de ensayo de laboratorio

Informe de caracterización de suelos



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



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante: RICARDO MEJIA RODRIGUEZ
 Departamento: LIMA Provincia: CALLAO
 Distrito: VENTANILLA Predio: MI PERU
 Referencia: H.R. 62319-009C-16 Boll.: 1294 Fecha: 05/02/18

Lab	Número de Muestra	pH	C.E. (1:1) dSm	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	%
								Arenas %	Limo %	Arcilla %			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺ + 3H ⁺			
484		6.39	9.55	0.10	0.28	19.4	312	88	4	8	A.Fr.	0.40	4.09	0.70	0.47	1.15	0.00	6.40	6.40	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Fines ; F.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; F.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.A.A. = Franco Arenoso Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Ricardo García Bandoza
 Jefe del Laboratorio

Informe de identificación de Pb en la muestra



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-099



INFORME DE ENSAYO N° 000016872

CLIENTE: MEJIA RODRIGUEZ RICARDO ALEXANDER
DIRECCION LEGAL: P.J. ISLA CORCONADO NRO. 171 URB. GERMANASTETE (15 SAN MIGUEL LIMA)
REFERENCIA CLIENTE: MITD1
CÓDIGO TYPESA: 000014447
MATRIZ: Suro
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: Aproximadamente 1 Kg de Muestra (Suelo)
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA: Tomada por el cliente
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:
FECHA DE TOMA: 04/02/2018 11:45:00 a.m.
FECHA DE RECEPCIÓN: 05/02/2018
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS: 05/02/2018 - 09/02/2018

RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Aluminio	mg/Kg	6362	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 8020A Rev.1, January 1999	ICP-MS	0.2783
Antimonio	mg/Kg	3.893	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 8020A Rev.1, January 1999	ICP-MS	0.0105
Arsénico	mg/Kg	14.32	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 8020A Rev.1, January 1999	ICP-MS	0.0154
Bario	mg/Kg	44.42	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 8020A Rev.1, January 1999	ICP-MS	0.0236
Berilio	mg/Kg	0.231	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 8020A Rev.1, January 1999	ICP-MS	0.0161
Boro	mg/Kg	16.95	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 8020A Rev.1, January 1999	ICP-MS	0.0379
Cadmio	mg/Kg	7.023	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 8020A Rev.1, January 1999	ICP-MS	0.0308
Cesio	mg/Kg	77.15	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 8020A Rev.1, January 1999	ICP-MS	0.0412
Cobalto	mg/Kg	5.596	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 8020A Rev.1, January 1999	ICP-MS	0.0169
Cobre	mg/Kg	284.1	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 8020A Rev.1, January 1999	ICP-MS	0.0105
Cromo	mg/Kg	17.32	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 8020A Rev.1, January 1999	ICP-MS	0.0198
Estaño	mg/Kg	3.747	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 8020A Rev.1, January 1999	ICP-MS	0.1169
Estroncio	mg/Kg	44.85	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 8020A Rev.1, January 1999	ICP-MS	0.0607
Hierro	mg/Kg	23815	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 8020A Rev.1, January 1999	ICP-MS	0.4553
Litio	mg/Kg	9.472	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 8020A Rev.1, January 1999	ICP-MS	0.0148
Manganeso	mg/Kg	7092	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 8020A Rev.1, January 1999	ICP-MS	0.3001

L.C. Límite de cuantificación, L.D. Límite de detección

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPESA, S.A. (Suro) del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de preservación del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de protección o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

LABORATORIO TYPESA PERÚ, S.A. Parque Industrial: Calle. O. Cívica, 383. Calle. 108 01 1-7 11-67387711 4710 Calle 4: lab@typesa.com

INFORME DE ENSAYO N° 000016872

CLIENTE: MSJIA RODRIGUEZ RICARDO ALEXANDER
 DOWNGRUP LEGAL: P.A. ISLA CORDOVADO NRD. 171 URS. GERMAN ASTETE (15 SAN MIGUEL LIMA)
 REFERENCIA CLIENTE: MT001
 CÓDIGO TYPSA: 000014447
 MATRIZ: Suño
 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: Aproximadamente 1 Kg de Muestra (Suño).
 DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA: Tomada por el cliente
 CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:
 DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:
 FECHA DE TOMA: 04/02/2018 11:45:00 a.m.
 FECHA DE RECEPCIÓN: 05/02/2018
 FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS: 05/02/2018 - 09/02/2018

RESULTADOS ANALITICOS METALES PESADOS					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Manganeso	mg/Kg	291.2	EPA Method 305.1A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1995	ICP-MS	0.0014
Mercurio	mg/Kg	< 0.0159	EPA Method 305.1A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1995	ICP-MS	0.0159
Moolibdeno	mg/Kg	1.553	EPA Method 305.1A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1995	ICP-MS	0.0159
Níquel	mg/Kg	7.645	EPA Method 305.1A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1995	ICP-MS	0.0219
Plata	mg/Kg	< 0.0234	EPA Method 305.1A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1995	ICP-MS	0.0135
Plomo	mg/Kg	221.2	EPA Method 305.1A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1995	ICP-MS	0.0141
Polonio	mg/Kg	< 1219	EPA Method 305.1A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1995	ICP-MS	1.0191
Selenio	mg/Kg	1.711	EPA Method 305.1A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1995	ICP-MS	0.0421
Vanadio	mg/Kg	90.19	EPA Method 305.1A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1995	ICP-MS	0.3901
Zinc	mg/Kg	3041	EPA Method 305.1A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1995	ICP-MS	1.0191
Zrón	mg/Kg	< 0.0958	EPA Method 305.1A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1995	ICP-MS	0.0140
Titanio	mg/Kg	554.1	EPA Method 305.1A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1995	ICP-MS	0.0511
Antimonio	mg/Kg	75.15	EPA Method 305.1A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1995	ICP-MS	0.0205

L.C. Límite de certificación, L.D. Límite de detección

(*) Los estándares indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucesor del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de preservación del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra reflejada en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser extraídos como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Cañas, O Delta, 228, Cañas, Tel: 011-711-6730711-6763 E-mail: lab@typsa.com

INFORME DE ENSAYO N° 000016872

CLIENTE: MEJIA RODRIGUEZ RICARDO ALEXANDER
DOMICILIO LEGAL: P.A. ISLA CORCOVADO NRO. 171 URB. GERMAN ASTETE (15 SAN MIGUEL LIMA)
REFERENCIA CLIENTE: MT001
CÓDIGO TYPSA: 000014447
MATERIA: Suelo
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: Aproximadamente 1 Kg de Muestra (Suelo).
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA: Tomada por el cliente
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:
FECHA DE TOMA: 04/02/2018 11:45:00 a.m.
FECHA DE RECEPCIÓN: 05/02/2018
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS: 05/02/2018 - 09/02/2018

RESULTADOS ANALITICOS METALES PESADOS					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Zinc	mg/Kg	133.9	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 8220A Rev.3, January 1999	ICP-MS	GM55

Callao, 9 de febrero de 2018



Fco. Varrasón León Leguía
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopia
OQP N° 027

L.D.: Límite de cuantificación, L.D.: Límite de detección

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA S.A. - Sucursal del Perú. Los resultados serán consecuencia de acuerdo al protocolo de parámetros del laboratorio analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, 02 Callao, 2018, Callao. Telf: 011-47135711-4753 E-mail: laboratorio@typsa.com

Informe de caracterización botánica de la especie



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

MUSEO DE HISTORIA NATURAL



"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

CONSTANCIA N° 144-USM-2018

EL JEFE DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM) DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, DEJA CONSTANCIA QUE:

La muestra vegetal (planta completa), recibida de Fernando Arturo RECHARTE TELLO, estudiante de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional del Callao; ha sido estudiada y clasificada como: *Ricinus communis* L. y tiene la siguiente posición taxonómica, según el Sistema de Clasificación de Cronquist (1988):

DIVISION: MAGNOLIOPHYTA

CLASE: MAGNOLIOPSIDA

SUB CLASE: ROSIDAE

ORDEN: EUPHORBIALES

FAMILIA: EUPHORBIACEAE

GENERO: *Ricinus*

ESPECIE: *Ricinus communis* L.

Nombre común: "Higuera"

Determinada por: Mg. Asunción Cano Echevarría

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.

Lima, 19 de abril de 2018



ASUNCIÓN A. CANO ECHEVARRÍA
JEFE DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM)

ACE/dob

Informe de determinación de Pb inicial en los sustratos



Pág. 1/2

INFORME DE ENSAYO N° 1802021

Cliente Domicilio legal Producto Referencia del cliente Lugar de muestreo Referencia del plan de muestreo Procedimiento de muestreo Fecha de recepción de las muestras Fecha de inicio del ensayo Fecha de término del ensayo	: RICARDO ALEXANDER MEJÍA RODRÍGUEZ : Pj. Isla Corcovado N°171 Urb. German Astete, San Miguel- Lima - Lima. : Suelos : Proyecto "Tratamiento con <i>Rhizus Communis</i> para fitorremediar suelos contaminados con Plomo". : Muestras enviadas por el cliente indicando lugar de muestreo: Av. La Paz, San Miguel- Lima - Lima. : No Aplica. : No Aplica. : 2018/02/05 : 2018/02/05 : 2018/02/14
--	---

Código de Laboratorio: 1802021-1	Estación de Muestreo: T1-450-S	Fecha de Muestreo: 2018/02/05
		Tipo de muestra: Suelos

Método de Referencia	Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Cuantificación del Método	Resultado	Unidad
EPA 3050-B Rev. 02 (1996)	Plomo	—	0,07	458,63	mg/Kg PS
EPA 200.7 Rev. 4.4 (1994) (1)					

Código de Laboratorio: 1802021-2	Estación de Muestreo: T2-700-S	Fecha de Muestreo: 2018/05/05
		Tipo de muestra: Suelos

Método de Referencia	Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Cuantificación del Método	Resultado	Unidad
EPA 3050-B Rev. 02 (1996)	Plomo	—	0,07	704,36	mg/Kg PS
EPA 200.7 Rev. 4.4 (1994) (1)					

Código de Laboratorio: 1802021-3	Estación de Muestreo: T3-950-S	Fecha de Muestreo: 2018/05/05
		Tipo de muestra: Suelos

Método de Referencia	Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Cuantificación del Método	Resultado	Unidad
EPA 3050-B Rev. 02 (1996)	Plomo	—	0,07	955,94	mg/Kg PS
EPA 200.7 Rev. 4.4 (1994) (1)					

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.
Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. de La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ
 Telefax: (511) 3560230 Celular: 947148233 Email: servicioalcliente@deltalabsac.com www.deltalabsac.com

INFORME DE ENSAYO N° 1802021

Código de Laboratorio: 1805096-4	Estación de Muestreo: T4-1200-S	Fecha de Muestreo: 2018/05/05	Tipo de muestra: Sólidos		
Método de Referencia	Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Cuantificación del Método	Resultado	Unidad
EPA 3050-B Rev. 02 (1996)	Plomo		0,87	1210,31	mg/Kg PS
EPA 200.7 Rev. 4.4 (1994)					

Ensayo: Descripción del Método de Referencia:

EPA Method 3050-B; Rev. 02, 1996, EPA Method 200.7; Rev. 4.4, 1994, Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils. / Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry ICP-AES.

Nota:

- Condición y estado de la muestra ensayada: La muestra llegó refrigerada al laboratorio.
- Las muestras llegaron en bolsas plásticas.
- Las muestras se mantendrán por un período de 10 días luego entregado el informe de ensayo.
- Toda corrección o emienda física al presente informe de ensayo será emitido con la Declaración "Suplemento al Informe de Ensayo".
- Estos resultados no deben ser utilizados como certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- (1) Los Métodos indicados han sido acreditados por el INACAL-DA, para el Laboratorio Subcontratado.
- (5) Los Métodos indicados han sido acreditados por el IAS, para el Laboratorio Subcontratado.
- Resultados por debajo del límite de cuantificación del método son referenciales.
- La toma de muestras no ha sido acreditado por el INACAL-DA.

Lima, 14 de Febrero del 2018.



Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.
Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. de La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ
Telefax: (511) 3560230 Celular: 947148233 Email: servicioalcliente@deltalabsac.com www.deltalabsac.com

**Informe de determinación de Pb final en los sustratos y
determinación de Pb en las plantas**



Pág. 1/10

INFORME DE ENSAYO N° 1805096

Cliente	: RICARDO ALEXANDER MEJÍA RODRÍGUEZ
Domicilio legal	: Paj. Isla Coronado N°171 Urb. German Astete, San Miguel - Lima - Lima.
Producto	: Suelos, Raíces, Parte Aérea
Referencia del cliente	: Proyecto "Tratamiento con Rizobios Comunitis para fitoremediar suelos contaminados con Plomo"
Lugar de muestreo	: Muestras enviadas por el cliente indicando lugar de muestreo: Av. La Paz, San Miguel - Lima - Lima.
Referencia del plan de muestreo	: No Aplica.
Procedimiento de muestreo	: No Aplica.
Fecha de recepción de las muestras	: 2018/05/31
Fecha de inicio del ensayo	: 2018/05/31
Fecha de término del ensayo	: 2018/06/07

Código de Laboratorio: 1805096-1	Estación de Muestras: T1A-200-S	Fecha de Muestras: 2018/05/31 Tipo de muestra: Suelos			
Método de Referencia	Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Cuantificación del Método	Resultado	Unidad
EPA 3050-B Rev. 02 (1996)	Plomo	-	0,87	112,64	mg/Kg PS
EPA 200.7 Rev. 4.4 (1994) (C)					
APHA 4500-H+ B	pH	-	-	6,3	UpH
NTP 339.128	Humedad Relativa	-	-	13,87	%
-	Clase textural	-	-	arena Frasca	-

Código de Laboratorio: 1805096-2	Estación de Muestras: T1B-200-S	Fecha de Muestras: 2018/05/31 Tipo de muestra: Suelos			
Método de Referencia	Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Cuantificación del Método	Resultado	Unidad
EPA 3050-B Rev. 02 (1996)	Plomo	-	0,87	116,72	mg/Kg PS
EPA 200.7 Rev. 4.4 (1994) (C)					
APHA 4500-H+ B	pH	-	-	6,19	UpH
NTP 339.128	Humedad Relativa	-	-	13,78	%
-	Clase textural	-	-	arena Frasca	-

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.
Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada.

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. de La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ
Telefax: (511) 3560230 Celular: 947148233 Email: servicioalcliente@deltalabsac.com www.deltalabsac.com

INFORME DE ENSAYO N° 1805096

Código de Laboratorio: 1805096-3		Estación de Muestras: TIC-200-S		Fecha de Muestras: 2018/05/31		
Método de Referencia		Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Cuantificación del Método	Resultado	Unidad
EPA 3050-B Rev. 02 (1996)		Plomo	—	0,87	129,67	mg/Kg PS
EPA 200.7 Rev. 4.4 (1994) (1)						
APHA 4500-H+ B		pH	—	—	6,35	UpH
NTP 339.128		Humedad Relativa	—	—	13,9	%
—		Clase textural	—	—	arena Franca	—

Código de Laboratorio: 1805096-4		Estación de Muestras: T2A-450-S		Fecha de Muestras: 2018/05/31		
Método de Referencia		Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Cuantificación del Método	Resultado	Unidad
EPA 3050-B Rev. 02 (1996)		Plomo	—	0,87	361,28	mg/Kg PS
EPA 200.7 Rev. 4.4 (1994) (1)						
APHA 4500-H+ B		pH	—	—	6,24	UpH
NTP 339.128		Humedad Relativa	—	—	13,11	%
—		Clase textural	—	—	arena Franca	—

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.
Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. de La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ
Telefax: (511) 3560230 Celular: 947148233 Email: servicioalcliente@deltalabsac.com www.deltalabsac.com

INFORME DE ENSAYO N° 1805096

Código de Laboratorio: 1805096-5		Estación de Muestreo: T2B-450-S		Fecha de Muestreo: 2018/05/31		
Método de Referencia		Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Cuantificación del Método	Resultado	Unidad
EPA 3050-B Rev. 02 (1996)		Plomo	—	0,87	356,29	mg/Kg PS
EPA 200.7 Rev. 4.4 (1994) (1)						
APHA 4500-H+ B		pH	—	—	6,32	UpH
NTP 339.128		Humedad Relativa	—	—	13,41	%
—		Clase textural 2	—	—	Areca Fina	—

Código de Laboratorio: 1805096-6		Estación de Muestreo: T2C-450-S		Fecha de Muestreo: 2018/05/31		
Método de Referencia		Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Cuantificación del Método	Resultado	Unidad
EPA 3050-B Rev. 02 (1996)		Plomo	—	0,87	397,68	mg/Kg PS
EPA 200.7 Rev. 4.4 (1994) (1)						
APHA 4500-H+ B		pH	—	—	6,39	UpH
NTP 339.128		Humedad Relativa	—	—	12,95	%
—		Clase textural	—	—	Areca Fina	—

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.
Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. de La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ
Telefax: (511) 3560230 Celular: 947148233 Email: servicioalcliente@deltalabsac.com www.deltalabsac.com