



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

DIRECCIÓN DE CARRERA: MEDIO AMBIENTE

INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN

**PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN
MEDIO AMBIENTE**

MODALIDAD:

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**LAVADO DE SUELO CONTAMINADO CON PLOMO MEDIANTE
LA UTILIZACIÓN DE ÁCIDO ETILENDIAMINOTETRAACÉTICO
(EDTA)**

AUTORAS:

**KARLA YANETH NAVARRETE ZAMBRANO
KIMBERLY MAGDIET RAMIREZ VINCES**

TUTOR:

Mgs. JUAN CARLOS LUQUE VERA

CALCETA, ABRIL 2019

DERECHO DE AUTORÍA

Karla Yaneth Navarrete Zambrano y Kimberly Magdiet Ramírez Vinces, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

KARLA Y. NAVARRETE ZAMBRANO

KIMBERLY M. RAMÍREZ VINCES

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Juan Carlos Luque Vera, certifica haber tutelado el proyecto **LAVADO DE SUELO CONTAMINADO CON PLOMO MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE ÁCIDO ETILENDIAMINOTETRAACÉTICO (EDTA)**, que ha sido desarrollada por Karla Yaneth Navarrete Zambrano y Kimberly Magdiet Ramírez Vinces, previa la obtención del título de Ingeniera en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Ing. JUAN CARLOS LUQUE VERA, M.Sc.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaran que han **APROBADO** el trabajo de titulación **LAVADO DE SUELO CONTAMINADO CON PLOMO MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE ÁCIDO ETILENDIAMINOTETRAACÉTICO (EDTA)**, que ha sido propuesto, desarrollado y sustentado por Karla Yaneth Navarrete Zambrano y Kimberly Magdiet Ramírez Vincés, previa la obtención del título de Ingeniera en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Ing. Hugo Cobeña Navarrete, M.Sc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Fabricio Alcívar Intriago, M.Sc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Silvia Montero Cedeño, M.Sc.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradecemos a Dios ya que sin la bendición y su amor todo hubiera sido un total fracaso.

A nuestros padres quienes nos brindaron todo su amor y apoyo incondicional, cuando no podíamos más.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que nos dio la oportunidad de una educación superior de calidad y en la cual hemos forjado los conocimientos profesionales día a día.

A nuestro tutor, Ing. Juan Carlos Luque, quien, con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado contribuir con el desarrollo de nuestro proyecto de titulación guiándonos con la delicadeza necesaria.

De igual manera agradecer a los miembros de nuestro tribunal de Investigación por su visión crítica, por su rectitud en su profesión como docentes, por sus consejos, que ayudan a formarte como persona e investigador.

A nuestros profesores que durante toda la carrera profesional todos han aportado con un granito de arena en nuestra formación, inculcando la sabiduría de aprendizaje científico.

KARLA Y. NAVARRETE ZAMBRANO

KIMBERLY M. RAMIREZ VINCES

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy.

Para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

KARLA YANETH NAVARRETE ZAMBRANO

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

A Dios quien ha sido mi guía, fortaleza y su mano de fidelidad y amor han estado conmigo hasta el día de hoy.

A mis padres Carlos y Jackie quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mis hermanos Juan Carlos por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a todas mis amigas, por apoyarme cuando más las necesito, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día, de verdad mil gracias hermanitas, siempre las llevo en mi corazón.

KIMBERLY M. RAMIREZ VINCES

CONTENIDO GENERAL

DERECHO DE AUTORÍA.....	ii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
CONTENIDO GENERAL.....	viii
CONTENIDO DE CUADROS, GRÁFICOS Y FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
PALABRAS CLAVE.....	xii
ABSTRACT	xiii
KEYWORDS	xiii
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	3
1.3. OBJETIVOS.....	5
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	5
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.4. HIPÓTESIS.....	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. SUELO.....	6
2.2. CONTAMINACIÓN DE SUELOS.....	6
2.3. FUENTES DE CONTAMINACIÓN DE SUELO.....	7
2.3.1. CONTAMINACIÓN DE SUELO POR ACTIVIDADES DE SERVICIOS VEHICULARES (LUBRICADORAS)	8
2.3.2. CONTAMINACIÓN NATURAL	9
2.4. TÉCNICAS DE REMEDIACIÓN DE SUELOS.....	9
2.4.1. TÉCNICAS PARA RECUPERACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR METALES PESADOS	10
2.5. CLASIFICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE REMEDIACIÓN EN SUELOS CONTAMINADOS	11
2.6. ANÁLISIS EN SUELO.....	11

2.6.1. PARÁMETROS FÍSICOS.....	12
2.6.2. TEXTURA	14
2.7. LIBERACIÓN DE METAL DEL SUELO MEDIANTE EDTA	14
2.8. PLOMO EN EL SUELO	15
2.9. PLOMO EN LUBRICADORAS DE AUTOMÓVILES.....	16
2.10. REMOCIÓN DE PLOMO POR LAVADO DE SUELO	16
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	19
3.1. UBICACIÓN.....	19
3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO	19
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	19
3.3.1. MÉTODOS	19
3.3.2. TÉCNICAS	19
3.4. FACTOR EN ESTUDIO	20
3.5. TRATAMIENTOS.....	20
3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL	20
3.7. VARIABLES DE ESTUDIO	21
3.7.1. INDEPENDIENTES.....	21
3.7.2. DEPENDIENTE.....	21
3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	21
3.9. PROCEDIMIENTOS	21
3.9.1. FASE I. CONCENTRACIÓN INICIAL DE PLOMO DE SUELO PROVENIENTE DE UNA MECÁNICA DE VEHÍCULOS.....	21
3.9.2. FASE II. EFICIENCIA DEL EDTA EN LA REMOCIÓN DE Pb EN SUELO CONTAMINADO	23
3.9.4. FASE III. PROPONER ALTERNATIVAS DE MINIMIZACIÓN Y PREVENCIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON Pb, EN LA MECÁNICA DE VEHÍCULOS.....	24
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
4.1. FASE I. CONCENTRACIÓN INICIAL DE PLOMO DE SUELO PROVENIENTE DE UNA MECÁNICA DE VEHÍCULOS	25
4.2. FASE II. EFICIENCIA DEL EDTA EN LA REMOCIÓN DE Pb EN SUELO CONTAMINADO.....	26
4.3. FASE III. PROPONER ALTERNATIVAS DE MINIMIZACIÓN Y PREVENCIÓN DE CONTAMINACIÓN CON Pb, EN LA MECÁNICA DE VEHÍCULOS.....	31
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	33

5.1. CONCLUSIONES	33
5.2. RECOMENDACIONES	33
BIBLIOGRAFÍA	34
ANEXOS	42

CONTENIDO DE CUADROS, GRÁFICOS Y FIGURAS

Cuadro 2. 1. Criterios de Calidad de suelo.....	7
Cuadro 2. 2. Análisis químico y características fisicoquímicas de una muestra de suelo.....	12
Cuadro 2. 3. Características físicas y químicas de una muestra de suelo	14
Cuadro 3. 1. Factores en estudio	20
Cuadro 3. 2. Tratamientos.....	20
Cuadro 3. 3. Criterios de calidad de suelo	22
Cuadro 3. 4. Criterios de remediación o restauración de suelos comerciales..	24
Cuadro 4. 1. Resultados de la muestra inicial de suelo	25
Cuadro 4. 2. Resultados post tratamiento de la concentración de plomo en las unidades experimentales.....	26
Cuadro 4. 3. ANOVA de los tratamientos, según las combinaciones.....	30
Figura 3. 1. Ubicación del sitio de estudio	19
Gráfico 2. 1. Eliminación de plomo del suelo contaminado en función del tiempo de tratamiento de lavado sin agente quelante.	17
Gráfico 2. 2. Remoción de plomo del suelo contaminado como una función del tiempo de tratamiento de lavado con EDTA.....	17
Gráfico 4. 1. Diagrama de cajas de la concentración de Pb post lavado de suelo con solución EDTA al 0,1 M – 0,2 M y tiempo de 24h y 48 h.	27
Gráfico 4. 2. Diagrama de contorno sobre las combinaciones de factores.	28
Gráfico 4. 3. Diagrama de Pareto sobre los efectos de las combinaciones de los tratamientos.....	29
Gráfico 4. 4. Eficiencia en la remoción de Pb en los cuatro tratamientos.....	30

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la utilización del EDTA como agente depurante para suelos contaminados con Pb, en la mecánica de vehículos “Cedeño” ubicada en “La Juanita” Km1 Vía Quiroga. Se realizó un experimento con dos fuentes de variación (tiempo de lavado y concentración del EDTA) y una variable dependiente. Se realizó el análisis ANOVA en el programa estadístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS, 2017) versión 21 para la comprobación de supuestos y análisis de varianza entre tratamientos. El estudio comprendió tres fases; la primera permitió determinar concentración inicial de plomo de suelo proveniente de una mecánica de vehículos; la segunda se basó en la eficiencia del EDTA en la remoción de Pb en suelo contaminado. Finalmente, en la tercera fase propuso alternativas de minimización y prevención de contaminación con Pb, en la mecánica de vehículos. Se encontró que el contenido inicial de Pb fue de 32,86 mg/kg; posteriormente, los cuatro tratamientos registraron un nivel significativo de remoción de Pb (entre el 50%); tomando en cuenta los niveles finales de plomo entre 13,01-17,02 mg/kg suelo. Se concluye que la remoción de Pb a través de los tratamientos aplicados reflejó una eficiencia significativa; comprobando la hipótesis del estudio. No existió significancia ($p > 0,05$) entre los tratamientos; lo que indica que cualquiera de las cuatro combinaciones (0,1%EDTA-24h; 0,1%EDTA-48h; 0,2%EDTA-24h; y 0,2%EDTA-48h) pueden realizar una remoción de plomo significativa, alcanzando niveles entre 48,24%-53,25%. El tratamiento 1 (0,1%EDTA-24h) removió una mayor cantidad de plomo (53,25%).

PALABRAS CLAVE

Contaminación de suelo, lavado de suelo, Plomo, EDTA.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the use of EDTA as a depurating agent for soils contaminated with Pb, in the vehicle mechanic "Cedeño" located in "La Juanita" Km1 Vía Quiroga. An experiment was carried out with two sources of variation (washing time and concentration of EDTA) and one dependent variable. The ANOVA analysis was performed in the statistical program Statistical Package for the Social Sciences (SPSS, 2017) version 21 for the verification of assumptions and analysis of variance among treatments. The study comprised three phases; the first allowed determining the initial concentration of soil lead coming from a vehicle mechanic; the second was based on the efficiency of EDTA in the removal of Pb in contaminated soil. Finally, in the third phase, it was proposed alternatives for minimizing and preventing Pb contamination in vehicle mechanics. It was found that the initial content of Pb was 32.86 mg / kg; subsequently, the four treatments recorded a significant level of Pb removal (between 50%); taking into account the final levels of lead between 13.01-17.02 mg / kg soil. It is concluded that the removal of Pb through the treatments applied reflected a significant efficiency; checking the hypothesis of the study. There was no significance ($p > 0.05$) between treatments; this indicates that any of the four combinations (0.1% EDTA-24h, 0.1% EDTA-48h, 0.2% EDTA-24h, and 0.2% EDTA-48h) can perform a significant lead removal, reaching levels between 48.24% -53.25%. Treatment 1 (0.1% EDTA-24h) removed a greater amount of lead (53.25%).

KEYWORDS

EDTA, Efficiency, Removal, Lead (Pb).

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La contaminación del suelo causada por la gran cantidad de elementos creados por el hombre y productos químicos se está convirtiendo en un problema importante. Los metales potencialmente tóxicos son una de las principales causas de preocupación, ya que son persistentes en los suelos y son difíciles de eliminar (Wu *et al.*, 2015). Solo en Europa, se estima que 240 000 sitios contaminados necesitan un tratamiento reparador inmediato y, en casi el 40% de estos sitios, la contaminación más importante está relacionada con metales pesados (Tóth *et al.*, 2016).

De acuerdo a Liu *et al.* (2013) en los últimos años el ser humano se ha visto obligado a usar suelos degradados para actividades económicas, sociales y culturales. Por ejemplo, en algunas sociedades, hasta el 90% de la población reside en áreas urbanas contaminadas (Sutherland *et al.*, 2011). La acumulación de metales pesados en el suelo, a partir de fuentes naturales y antropogénicas plantea importantes amenazas a los fenómenos ecológicos que deben abordarse (Al Obaidy *et al.*, 2013). La contaminación por metales pesados es resultante de las actividades asociadas a los vehículos, industrias y actividades agrícolas que se extienden en grandes áreas, que a su vez transmiten metales a los suelos y a otros recursos naturales como las plantas y el agua (Alloway, 2012).

El plomo (Pb) es considerado uno de los metales más peligrosos emitidos por los gases de escape en los motores de combustión interna (Imperato *et al.*, 2003). Se encuentra, actualmente, en todas partes del mundo a niveles que afectan adversamente a los seres humanos. Además, el Programa de las Naciones Unidas indica que las principales fuentes de contaminación del suelo por plomo incluyen la minería de plomo, actividades de fundición, eliminación de pinturas a base de plomo (Aguilar *et al.*, 2004), y los procesos de mantenimiento de los automóviles (Nwachukwu *et al.*, 2010). En casi todas las ciudades de Ecuador, se pueden encontrar talleres de automóviles y lubricadoras donde los

residuos se disponen indiscriminadamente en los espacios próximos, y las categorías de residuos producidos van desde aceite lubricante y llantas usadas hasta piezas metálicas removidas de los vehículos (Farfán, 2018). En la mayoría de lugares no existe un manual de prácticas ambientales que minimice el impacto de las actividades de servicio. Por lo tanto, los talleres y lubricadoras son un foco relevante de contaminación ambiental.

En Manabí, se pueden encontrar establecidos un gran número de Lubricadoras en distintos puntos, tanto en la zona urbana como rural, sin que estas adopten los procedimientos adecuados para el manejo de los aceites industriales, lubricantes y otros químicos para mantenimiento de vehículos livianos y pesados. Estos productos son ampliamente usados en múltiples actividades y sus residuos, aceites usados, pueden causar daños al medio ambiente; por lo que se los considera peligrosos (Doumet *et al.*, 2008). El aceite usado contiene sustancias tóxicas como el plomo, que contaminan gravemente los suelos y pueden desarrollar otros tipos de contaminación ambiental y a la salud humana. Su acción contaminante se ve, además, reforzada por la acción de algunos aditivos que favorecen su penetración en el terreno, pudiendo ser contaminadas las aguas subterráneas (Zhao *et al.*, 2014).

El problema que enfrenta la mecánica de carros “Cedeño” ubicada en la Juanita Km 1 Vía Quiroga se debe al inadecuado manejo y almacenamiento del aceite automotriz usado; originando una problemática ambiental, sobre todo a la comunidad local. Todo esto se genera debido a que no cuentan con un lugar destinado para la disposición provisional de estos aceites usados y son arrojados directamente a los suelos locales. Moradores de la localidad manifiestan sus molestias ante la situación de la mecánica.

El lavado de suelo es una técnica de remediación *ex-situ* que se comenzó a utilizar como una técnica de restauración de sitios contaminados en Holanda hacia el año de 1982 como una necesidad debido a la identificación de un número importante de lugares contaminados como resultado del crecimiento de lubricadoras, mecánicas de carros (Kord *et al.*, 2010). Analizando el problema ambiental y social surgió esta investigación que se basa en aplicar la técnica de

lavado de suelo; mediante el tiempo de contacto y concentración del ácido EDTA para tratar el suelo contaminado con plomo. Ante lo expuesto, se puede formular la siguiente interrogante:

¿El tiempo de contacto y la concentración del EDTA repercutirán en la remoción del Plomo del suelo?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Los talleres de mecánica automotriz son el soporte económico de muchas familias en el Ecuador, no obstante, por su carácter informal, en muchos casos, carecen de buenas prácticas ambientales en el desarrollo de actividades, lo que conlleva a problemas de contaminación al suelo, aire y agua. En Manabí, la mayoría de las mecánicas automotrices se encuentran ubicadas en vías de acceso principales, fuera del casco urbano; haciendo más difícil la notoriedad de los problemas de contaminación por parte de los ciudadanos.

En la mecánica de carros “Cedeño”, el inapropiado manejo y disposición final de los aceites residuales constituye uno de los mayores problemas ambientales a los que se enfrenta este establecimiento. Con la implementación de medidas de cuidado ambiental sería posible evitar problemas futuros, sin embargo, la contaminación de los suelos debido al vertido de aceites usados y otros efluentes demanda de medidas de remediación urgentes.

Debido a la problemática existente, esta investigación se enfoca en la remediación del suelo a través de una de las técnicas más estudiadas para abordar la contaminación de suelos (Ye *et al.*, 2017). Uno de los enfoques más prácticos es el método *ex situ* de lavado de suelos con agente quelante EDTA, que promete cambios limitados en las propiedades pedológicas del suelo, conservación de las propiedades biológicas del suelo (Udovic y Lestan, 2012) y alta eficiencia de eliminación de metales pesados (Finzgar y Lestan, 2007), especialmente de fracciones biodisponibles y lábiles (Udovic y Lestan, 2010), en comparación con otros extractantes.

Son varios los métodos que se han utilizado para tratar suelos contaminados con metales pesados como es el Pb. El EDTA es un ácido quelante que forma

compuestos de coordinación de metal ligando fuertes y altamente efectivos para recuperar suelos contaminados con plomo (Huang y Keller, 2015). Idealmente la cantidad molar de EDTA mínima necesaria para extraer plomo del suelo contaminado debe ser la misma que la cantidad molar de plomo en el suelo. En un estudio realizado en la Universidad Técnica Nacional de Atenas por Moutsatsou *et al.* (2006) se utilizó el EDTA para la extracción de metales pesados en el suelo, obteniéndose excelentes resultados. Existen trabajos que reportan eficiencias de remoción de Pb entre el 54% y 58% cuando se utiliza EDTA, aunque otros autores como Osathaphan *et al.* (2008) reportan eficiencias mayores al 80% y en otros casos cercanos al 100%. En países desarrollados como EEUU el lavado de suelo ha sido utilizado en diferentes instalaciones industriales para controlar la contaminación por plomo.

En este estudio, se aplica un enfoque integrado, utilizando análisis de laboratorio físicos-químicos estandarizados y experimentos verdaderos para evaluar la calidad del suelo remediado, a través del lavado con EDTA. Este enfoque multinivel reduce el riesgo de infravaloración de algunas funciones del suelo. El EDTA es uno de los agentes más efectivos para el lavado de suelos contaminados con metales pesados (Zhang *et al.*, 2010). Tiene una gran capacidad de quelación y es eficaz para eliminar Pb, Zn y Cd de suelos contaminados (Sun *et al.*, 2001) tiene baja toxicidad y no tiene bioacumulación en los organismos vivos a lo largo de la cadena alimentaria (Zhang *et al.*, 2008). Además, el impacto que puede causar a las propiedades físicas y químicas de la matriz del suelo es menor en comparación con otros ácidos (Lim *et al.*, 2004) que también son utilizados para tratar suelos contaminados con metales pesados. Más importante aún, es que el EDTA al ser poco biodegradable, puede recuperarse y reutilizarse (Qiu *et al.*, 2010). Todas estas ventajas, aseguran el cumplimiento del Art. 14. De la Constitución de la República del Ecuador que reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la utilización del EDTA como agente depurante para suelos contaminados con Pb, en la mecánica de vehículos “Cedeño” ubicada en “La Juanita” Km1 Vía Quiroga.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la concentración inicial de plomo de suelo proveniente de una mecánica de vehículos.
- Contrastar la eficacia del EDTA en relación a los niveles de Pb permitidos por la legislación ecuatoriana.
- Proponer alternativas para la prevención de la contaminación de suelos con Pb en la mecánica de vehículos.

1.4. HIPÓTESIS

El tiempo y la concentración de EDTA remueven significativamente la concentración de plomo en suelos contaminados.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. SUELO

El suelo desempeña funciones de gran importancia para el sustento de la vida en este planeta, es fuente de alimentos para la producción de biomásas, actúa como medio filtrante, amortiguador y transformador, es hábitat de miles de organismos, y el escenario donde ocurren los ciclos biogeoquímicos. En el suelo se llevan a cabo la mayoría de las actividades humanas, sirviendo de soporte físico y de infraestructura para la agricultura, actividades forestales, recreativas, y agropecuarias, además la socioeconómica como vivienda, industria y carreteras (Galantini e Iglesias, 2018).

2.2. CONTAMINACIÓN DE SUELOS

La contaminación de suelos y aguas subterráneas se está convirtiendo en un problema grave mundialmente ya que las fuentes de contaminación no han sido controladas de manera efectiva. Estas fuentes principales provienen de actividades industriales, prácticas agrícolas y acciones de consumo (Ramírez *et al.*, 2014). Cada año, hay alrededor de 600 millones de toneladas de desechos sólidos producidos como resultado de la producción industrial y el consumo de residentes, que sigue aumentando a una tasa del 10% anual. Se estima que más del 64% de toda el agua subterránea se ha contaminado en áreas urbanas. La actividad agrícola también representa una importante fuente de contaminación. Aproximadamente 0,8 millones de toneladas/año de plástico se dejan en los suelos después de ser consumidos, el 25% del fertilizante nitrogenado total se libera al agua subterránea a través de la permeación o escorrentía, una porción significativa de los pesticidas aplicados no es funcional y se deja en el suelo. Además, la industrialización en las áreas rurales plantea una amenaza cada vez mayor para el suelo y las aguas subterráneas (Su, 2014).

La normativa ambiental ecuatoriana (TULSMA, 2015) en la tabla 1 del libro VI anexo 2 “**Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados**” comprende un nivel de plomo no

superior a 19 mg/kg suelo para considerar a un suelo que se ajuste a criterios de calidad (ver cuadro 2.1).

Cuadro 2. 1. Criterios de Calidad de suelo

Parámetros inorgánicos		
Arsénico	mg/kg	12
Azufre (elemental)	mg/kg	250
Bario	mg/kg	200
Boro (soluble en agua caliente)	mg/kg	1
Cadmio	mg/kg	0.5
Cobalto	mg/kg	10
Cobre	mg/kg	25
Cromo Total	mg/kg	54
Cromo VI	mg/kg	0.4
Cianuro	mg/kg	0.9
Estaño	mg/kg	5
Fluoruros	mg/kg	200
Mercurio	mg/kg	0.1
Molibdeno	mg/kg	5
Níquel	mg/kg	19
Plomo	mg/kg	19
Selenio	mg/kg	1
Vanadio	mg/kg	76
Zinc	mg/kg	60

Fuente: Tabla 1 del libro VI, anexo 2 (TULSMA, 2015)

2.3. FUENTES DE CONTAMINACIÓN DE SUELO

La rápida tasa actual de industrialización y urbanización (Jiang *et al.*, 2013) y actividades económicas como la minería (Navarro *et al.*, 2008), la agricultura (Syed *et al.*, 2012), las industrias y el transporte (Jaradat *et al.*, 2005) lleva a la contaminación del suelo debido a la gran cantidad de desechos que generan. Por ejemplo, gasolina, fabricación de baterías, metalizado, fundición, refinación de petróleo, fabricación de pinturas, pesticidas, cosméticos, cerámica, fabricación de pigmentos, impresión y fotografía, entre otras., son fuentes de metales pesados como cadmio, zinc y cobre., níquel, plomo, mercurio, cobalto, manganeso y cromo (Kadirvelu *et al.*, 2001) que pueden ser vertidos directamente al suelo, alterando sus propiedades físicas químicas.

2.3.1. CONTAMINACIÓN DE SUELO POR ACTIVIDADES DE SERVICIOS VEHICULARES (LUBRICADORAS)

El aceite usado de automóviles, maquinaria usada, baterías usadas, químicos orgánicos e inorgánicos utilizados en aceites como aditivos también liberarán diferentes metales pesados (Tóth *et al.*, 2016) y éstos se ingresan al suelo a través de procesos de lixiviación, escorrentía, eliminación de lodos de aguas residuales y efluentes enriquecidos con metales pesados. Una vez que ingresaron al suelo, los metales pesados tienen capacidad para plantear una amplia gama de problemas adversos al ambiente y a la salud humana (Cai *et al.*, 2011). Por ejemplo, el estudio de Adela *et al.* (2012) confirmaron que los trabajadores de talleres y lubricadoras automotrices corrían peligro de inminente toxicidad por plomo. Un estudio desarrollado por Naser *et al.* (2011) e Itanna (2008) también confirmaron que los suelos de lubricadoras pueden acumular metales pesados tóxicos por encima del límite máximo establecido por la USEPA (Akinola *et al.*, 2008).

Las lubricadoras son centros de negocios de rápido crecimiento, su número ha aumentado porque cada vez la demanda es mayor. Esto implica que, ya sea un centro de gran o pequeña escala, libera diferentes tipos de contaminantes que tienen un impacto potencial y significativo para el suelo y otros recursos como el agua y aire (Ololade, 2014). Estos metales no son biodegradables y se depositan en el suelo, causando contaminación del recurso. El principal desafío en este tipo de actividades es la ausencia de una gestión adecuada de los residuos peligrosos y menos énfasis en los residuos automotrices. Para revertir las situaciones de alteraciones es necesario desarrollar análisis químicos al suelo e investigaciones de los problemas asociados.

En la ciudad de Calceta no se han acordado directrices e investigaciones sobre la contaminación de suelos con metales pesados por los desechos generados, como los aceites en lubricadoras automotriz. Incluso estudios llevados a cabo en diferentes áreas no se relacionaron directamente con este problema. Esto mismo ocurre en lugares como Etiopía que sus investigaciones sobre lubricadoras se centran en las mismas y no son específicas con los problemas del suelo asociados a los metales pesados. Por ejemplo, Adela *et al.* (2012) se centran en

el impacto de la exposición al plomo por parte de los trabajadores de lubricadoras, mientras que el estudio de Itanna (2008) se centró en la contaminación de vegetales por aguas residuales; contaminación del suelo por sitios de eliminación de residuos sólidos (Coloma, 2018). Por lo tanto, el objetivo de las investigaciones desarrolladas en lubricadoras de vehículos debería también enfocarse en analizar el estado de contaminación del suelo y comparar el resultado con los niveles estándares nacional e internacional.

2.3.2. CONTAMINACIÓN NATURAL

Se produce debido a muchas actividades tales como: aplicación de fertilizantes, pesticidas, biosólidos y estiércol, aguas residuales, minería de metales y procesos de molienda y desechos industriales y fuentes de aire comprimido. El uso de todos estos elementos puede ocurrir, sin saberlo, metales pesados como Pb, Cd, Hg, Ni y Zn, etc., en el suelo y causan efectos en el medio ambiente (Kapusta y Sobczyk, 2015).

2.4. TÉCNICAS DE REMEDIACIÓN DE SUELOS

Las técnicas de remediación juegan un papel clave en la limpieza completa de los contaminantes en los suelos y las aguas subterráneas. La remediación se refiere al proceso de limpieza ambiental de sitios contaminados y las técnicas para reducir o eliminar la contaminación del suelo o del agua subterránea (Garciacano *et al.*, 2016). Las vías de remediación incluyen la transferencia de suelos contaminados a otro lugar para el tratamiento final o eliminación, confinamiento y destrucción de contaminantes en el lugar. Los principios técnicos para la remediación se pueden dividir en procesos físicos, químicos y biológicos. Las técnicas utilizadas frecuentemente son: contención, bomba y tratamiento, extracción, estabilización / solidificación, lavado del suelo, eliminación de aire, precipitación, vitrificación, desorción térmica y biorremediación (Salinas *et al.*, 2016).

2.4.1. TÉCNICAS PARA RECUPERACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR METALES PESADOS

EXCAVACIÓN

Consiste en la eliminación física de los contaminantes. Incluye la remoción completa de los contaminantes y la limpieza relativamente rápido de un sitio contaminado por metales (Sepúlveda, 2005). Puede ser la opción más cara cuando grandes cantidades de suelo deben ser removidos.

ESTABILIZACIÓN DE METALES EN EL SUELO

Consiste en la adición de productos químicos al suelo, el cual se combina con los metales pesados y forman un compuesto menos tóxico (Vallesb y Alarcón 2008).

LAVADO DE SUELO CON EDTA

Los agentes quelantes como el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) tienen la capacidad de capturar metales pesados en forma estabilizada. Más que eso, se pueden reformar para que sean solubles y móviles en el agua. Por lo tanto, el EDTA es un compuesto que contribuye a la eliminación de metales pesados del suelo (Sampanpanish y Pojanaporn, 2014).

El método de lavado se utiliza para restaurar el suelo contaminado y es aceptable cuando éstos poseen un contenido de suelo delicado de menos del 30%. De hecho, el contenido delicado del suelo tiene un tamaño inferior a 0,075 mm, como arena y limo o arena arcillosa mezclada con materia orgánica e inorgánica. Sin embargo, para lavar el suelo contaminado, debe tener una composición de contenido delicado o fangoso. Si la composición del suelo delicado es más del 30%, este método puede ejercerse, pero también tiene sus limitaciones (Reddy y Supraja, 2000). Para los surfactantes, se ha informado que este tipo de agente tiene un buen potencial para eliminar metales pesados en el suelo. Sin embargo, los surfactantes populares son los tipos catiónicos, aniónicos y no iónicos que pueden usarse para el lavado (Min *et al.*, 2017). Según los hallazgos de muchos estudios, rellenar surfactantes en suelo contaminado podría mejorar la emisión y disolución de materia orgánica contaminada (Cheng y Wong, 2011).

pH EN SUELOS TRATADOS CON EDTA

Para un pH inferior a 6, los iones de metales disueltos en el suelo pueden competir con el EDTA (por ejemplo: hierro, zinc y el cobre), reduciendo la eficiencia de extracción del Pb. Por su parte, Kim *et al.* (2003) concluyen que, aunque no siempre se conoce la naturaleza de los contaminantes metálicos presentes en los suelos, los resultados experimentales indican que, además de la competencia, otros mecanismos pueden desempeñar un papel importante para la eficiencia de remoción de plomo en suelos.

2.5. CLASIFICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE REMEDIACIÓN EN SUELOS CONTAMINADOS

Las tecnologías de remediación se dividen en varios grupos, utilizando los siguientes criterios: a) tipo de aplicación (técnicas de remediación in-situ y ex-situ, así como en tecnologías de sitio y fuera de sitio); b) tecnologías que actúan sobre el contaminante (metales pesados, sustancias inorgánicas y orgánicas, por ejemplo, pesticidas y otros); c) tecnologías basadas en los procesos utilizados (separación biológica, física, física, química y térmica) y tecnologías de zona saturadas y no saturadas (Kuppusamy *et al.*, 2017). Se pueden encontrar sitios contaminados con metales pesados, productos derivados del petróleo y otras sustancias y materiales contaminantes en áreas industriales actuales, así como en territorios industriales abandonados, vertederos ilegales, puertos (Mao *et al.*, 2015), áreas agrícolas y residenciales con contaminación histórica, carreteras y otros lugares. Los sitios contaminados de la lista de importancia nacional, en general, pueden agruparse en subcategorías, como por su uso económico anterior o actual (Camenzuli y Freidman, 2015).

2.6. ANÁLISIS EN SUELO

El análisis de suelo es una herramienta que permite identificar los componentes físicos, químicos y biológicos de los sustratos cuyas características son de interés para la investigación. Hay una cantidad de métodos analíticos que se utilizan para la caracterización de componentes inorgánicos en muestras de suelo. Estas técnicas incluyen microscopía electrónica de barrido combinada con rayos X de dispersión de energía, espectrometría de absorción atómica, espectroscopia de

emisión atómica de plasma acoplado inductivo, espectrometría de masas de plasma acoplado inductivo, espectroscopía de fluorescencia atómica, espectroscopía de fluorescencia de rayos X, y espectroscopía de emisión óptica de plasma acoplado inductivo. Estos métodos proporcionan resultados para muestras de suelo recogidas aún en cantidades muy pequeñas y, por lo tanto, tienen adecuados límites de detección (Ha *et al.*, 2014).

2.6.1. PARÁMETROS FÍSICOS

Los más importantes desde el punto de vista ambiental son la composición mineralógica, la granulometría, la densidad y la porosidad. También pueden presentar cierta importancia en determinados casos otros parámetros como el volumen, la consistencia, el color y la temperatura. Es importante que los parámetros sean analizados previo tratamiento y post tratamiento (Beiyuan *et al.*, 2017).

Los factores que afectan la retención y movilidad de los metales pesados en suelos incluyen pH, concentración inicial de metal, capacidad de sorción del suelo, contenido de materia orgánica, edad de contaminación y la presencia de diferentes contaminantes inorgánicos en el suelo (Reed *et al.*, 1996). En un estudio desarrollado por Moutsatsou *et al.* (2006) las concentraciones de metales pesados en muestras de suelo analizadas fueron extremadamente altas (Cuadro 2.1). El suelo bajo consideración se caracteriza por ser inusualmente contaminado. Incluso para Mn y Fe, que se consideran metales menos tóxicos, sus altas concentraciones pueden deteriorar significativamente la calidad del agua subterránea (Ye *et al.*, 2017). Se encontró que el alto valor de la gravedad específica de las muestras de suelo se refiere a la presencia de numerosas fases metalúrgicas. Todas estas características, incluido el pH que era neutral, y la concentración elevada de los metales ocasionaron que los resultados del lavado con EDTA fuera de baja extracción.

Cuadro 2. 2. Análisis químico y características fisicoquímicas de una muestra de suelo.

Elemento/parámetro	Concentración
Pb (mg kg ⁻¹)a	64 195
As (mg kg ⁻¹)a	7540
Cu (mg kg ⁻¹)a	4100
Zn (mg kg ⁻¹)a	55 900

Mn (mg kg ⁻¹) _a	6500
Fe (mg kg ⁻¹) _a	223 600
Ca (mg kg ⁻¹) _a	61 900
Mg (mg kg ⁻¹) _a	3900
Na (mg kg ⁻¹) _a	1030
pH	7,0
S (mg kg ⁻¹) _a	109 100
Cl-(mg kg ⁻¹) _a	5,0
Gravedad específica (g cm ³)	3,31

Fuente: Moutsatsou *et al.* (2006)

Cuando el suelo tiene las propiedades físicas y químicas que se describen en el cuadro 2.2, como resultado experimental de un estudio sobre la eficiencia del lavado del suelo contaminado con metales pesados, el tiempo de equilibrio de lavado de suelo es de 30 minutos. Sin embargo, los resultados del estudio del agente quelante EDTA indicaron que una concentración de 8 milimoles y un pH de 10 proporcionaron la mejor condición para el lavado del suelo que fue estadísticamente significativamente diferente a un pH de 2, 4, 6 y 8 ($p \leq 0.05$) con porcentajes de eliminación del metal. Este resultado también confirmó los hallazgos de Zou *et al.* (2009) que informaron que las extracciones consecutivas con bajas concentraciones fueron más efectivas que una extracción única con EDTA concentrado si se utiliza la misma dosis de EDTA.

Mientras tanto, a una velocidad de agitación de 120 rpm y pH de 6, el porcentaje de eliminación del metal fue del 17,91%, mientras que a una concentración de EDTA de 16 milimoles, los resultados revelaron que a cada velocidad de agitación con pH 10, el suelo podría lavarse mejor, lo que fue significativamente distinto de otros valores de pH ($p \leq 0.05$) y los porcentajes de eliminación del metal fueron de 16,93, 26,76 y 35,57% o $78,96 \pm 0,54$, $124,81 \pm 0,98$ y $165,9 \pm 0,85$ mg/kg, respectivamente. Además, para una concentración de EDTA de 32 milimoles, los hallazgos indicaron que a cada velocidad de agitación con pH 10, el suelo podía lavarse mejor y estadísticamente sería significativamente diferente de otros valores de pH ($p \leq 0.05$). A velocidades de agitación de 90, 120 y 150 rpm, los porcentajes de eliminación del metal fueron de 17,71, 38.5 y 35.8% o $82,6 \pm 0,43$, $179,75 \pm 0,37$ y $166,97 \pm 0,59$ mg/kg (Dave *et al.*, 2011).

Cuadro 2. 3. Características físicas y químicas de una muestra de suelo

Propiedades del suelo	Valores medidos
Arena (%)	65,20
Limo (%)	9,20
Arcillas (%)	28,60
Textura del suelo	Lodo arcilloso arenoso
pH	3,57
Nitrógeno (%)	0,03
Fósforo (mg/kg)	8,00
Potasio (mg/kg)	564,00
Capacidad de intercambio catiónico (cmol(c)kg-1)	3,30
Conductividad eléctrica (dS / m)	0,37
Materia orgánica (%)	0,60
Concentración del metal pesado (mg / kg)	466,40

Fuente: Pantawat Sampanpanish y Nawaporn (2018)

2.6.2. TEXTURA

Se ha demostrado que el área de superficie específica de las fracciones del suelo, así como la textura del suelo, influyen en la interacción del contaminante en el suelo, los fenómenos de absorción y, por consiguiente, la eliminación de contaminantes durante los procesos de descontaminación biológicos y físico-químicos. Los autores Amellal *et al.* (2001) encontraron que la textura del suelo influyó en la biodisponibilidad de hidrocarburos aromáticos policíclicos en agregados de suelo contaminado y, en consecuencia, en su remediación, mientras que Lee *et al.* (1998) demostró que la efectividad de la remediación basada en surfactante podría verse limitada por la presencia de suelos finos como limo y arcilla.

2.7. LIBERACIÓN DE METAL DEL SUELO MEDIANTE EDTA

Ellis *et al.* (1986) estudió la liberación de cadmio, cromo, cobre, plomo y níquel del suelo recogido en un sitio de Superfund cerca de Seattle, WA. Llevaron a cabo tanto el equilibrio de lotes como estudios en columnas usando EDTA solo y seguido de hidrocloreto de hidroxilamina, para reducir los óxidos de hierro en el suelo. El EDTA utilizado eliminó más del 90% del plomo y el cadmio. Asimismo, eliminó aproximadamente un cuarto del cromo. La adición del agente reductor aumentó este valor a aproximadamente el 50%. No está claro si la mejora se debió a la solubilización de óxidos de hierro o a la reducción de cromato.

Mobley (1985) añadió cadmio, cobre, níquel y zinc a un suelo limoso de Líbano con niveles de contaminantes de 100 a 300 mg/kg. El suelo se empaquetó en una columna de plexiglás y se extrajo con EDTA. Los resultados de su prueba indicaron que de 80% a más de 95% de los metales pesados que se habían unido a la matriz del suelo podrían recuperarse. Para el cobre, la eliminación total fue del 80% para EDTA 0,01 M y del 95% para EDTA 0,1 M. El efecto del índice de remoción de contaminante aumenta a mayor tiempo de exposición y a mayor concentración de EDTA (Mohanty y Mahindrakar, 2011). Pero el flujo se detuvo por períodos de 1 a 3 días, causando solo pequeñas diferencias en los resultados.

Una serie de cuatro suelos se contaminaron con sustancias orgánicas y con arsénico, cadmio, cromo, plomo de cobre, níquel y zinc para permitir comparar las eficiencias de varias tecnologías de tratamiento del suelo (Esposito *et al.*, 1989). Un lavado con EDTA (relación molar de 3:1 de EDTA a metal) proporcionó una alta eficacia para la eliminación de metales incluso en la fracción <250 μm . Para suelo contaminado al nivel de 50,000 mg / kg de metal total, la eliminación de metal fue aproximadamente del 80%. No hubo un efecto apreciable de la temperatura o el pH en la eficiencia de la extracción. Debido a que la extractabilidad de los metales disminuye en función de la cantidad de tiempo que los suelos han envejecido (Salinas *et al.*, 2016). Los resultados pueden no reflejar las condiciones presentes en el suelo contaminado en el campo.

2.8. PLOMO EN EL SUELO

El plomo es un elemento que se puede encontrar naturalmente en todos los suelos. Su abundancia terrestre en suelos varía de 1 a 200 mg/kg con una media de 25 mg/kg (Odoemelam y Ajunwa (2017). Se conoce que las partículas de plomo se convierten en otros compuestos, particularmente sulfato de plomo, en la atmósfera o el suelo. Durante la permanencia en el suelo, las partículas pueden mantenerse relativamente inmóvil debido a las bajas solubilidades de los compuestos involucrados. Alternativamente, el movimiento de plomo en el perfil del suelo y su destino final puede ser determinado por uno o varios procesos. Estos dependen en gran parte en la disolución de las partículas de plomo en el agua subterránea. El plomo disuelto se puede lixiviar a través del suelo si

permanece en una forma soluble (Du *et al.*, 2015). Puede ser inmovilizado por los microorganismos del suelo, precipitación, sorción o interacciones de intercambio iónico con elementos del suelo (por ejemplo, arcillas) o mediante fijación por materiales tales como materia orgánica. También puede ser tomado por las plantas, entrando así en la cadena alimentaria.

2.9. PLOMO EN LUBRICADORAS DE AUTOMÓVILES

Las lubricadoras y talleres de automóviles son generadores de desechos peligrosos. Las lubricadoras crean residuos durante sus operaciones diarias. Éstas incluyen cambio de aceite y otros fluidos, franelas sucias, partes usadas, remoción de pastillas de freno y desechos de solventes usados para limpiar partes. Si no se maneja correctamente, estas actividades pueden generar agentes químicos que afectan al aire, agua de lagos y corrientes superficiales y al suelo. El aceite usado puede contener componentes como plomo, cadmio, bario y otros metales potencialmente tóxicos (AlEasawi *et al.*, 2017). Los metales pesados son considerados de preocupación ambiental debido a su toxicidad y comportamiento acumulativo, por ello es necesario que se desarrollen e implemente estrategias que contrarresten los efectos ambientales y recuperación físico-química de las propiedades del suelo (Owolabi *et al.*, 2017).

2.10. REMOCIÓN DE PLOMO POR LAVADO DE SUELO

Una investigación desarrollada por Niinae *et al.* (2008) demostró que existe una relación entre la eliminación del plomo del suelo contaminado y el tiempo de tratamiento en experimentos de lavado de suelos a pH 4, pH 7 y pH 10. La extracción de plomo es aproximadamente del 40% a pH 4, pero el plomo apenas se elimina del suelo a pH 7 y pH 10 (gráfico 2.1).

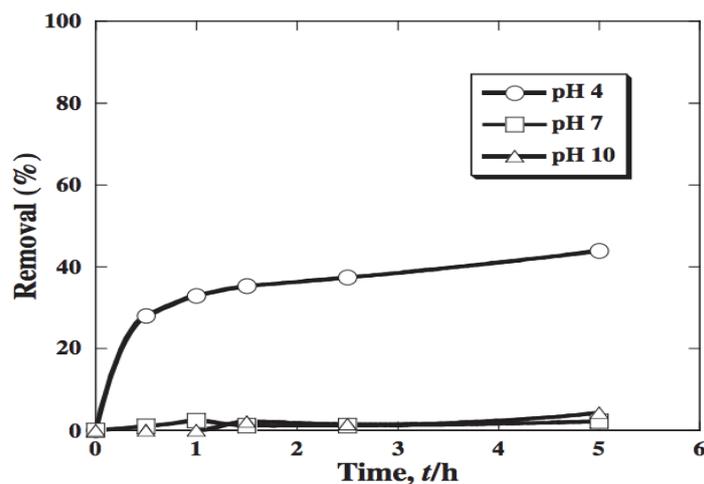


Gráfico 2. 1. Eliminación de plomo del suelo contaminado en función del tiempo de tratamiento de lavado sin agente quelante.

Fuente: Niinae *et al.* (2008).

El gráfico 2.2 muestra resultados experimentales similares con EDTA a pH 4, pH 7 y pH 10. Como se muestra en el gráfico 2.2, la eliminación de plomo con EDTA es muy alta en el rango de pH de 4 a 10. Sin embargo, se considera que el ácido también contribuye a la extracción de plomo a pH 4. La eliminación de plomo aumenta rápidamente para la primera hora y permanece casi constante después de ese tiempo.

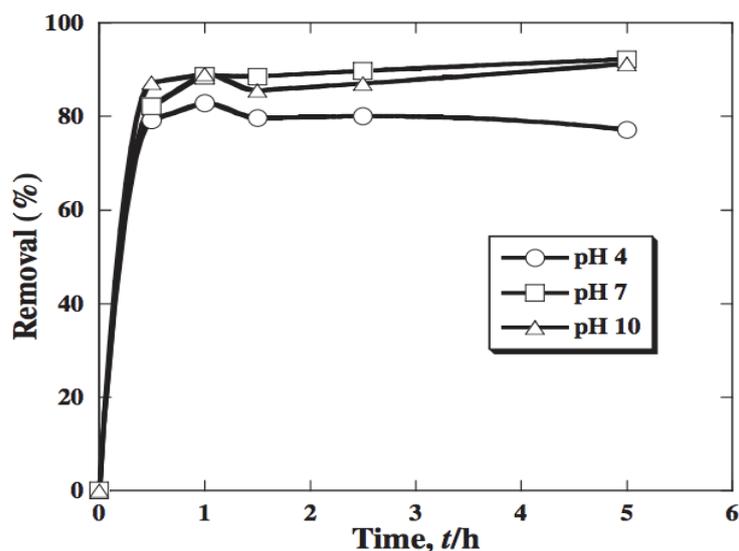


Gráfico 2. 2. Remoción de plomo del suelo contaminado como una función del tiempo de tratamiento de lavado con EDTA

Fuente: Niinae *et al.* (2008).

Por otra parte, estudios como el de Qiao *et al.* (2017) muestran que el EDTA puede remover un porcentaje mayor de metales pesados a pH que se encuentren entre 4, a diferencias de pH 7 y pH 10. Otro estudio desarrollado por Li (2013) indicaron que el EDTA indujo una liberación rápida de metal dentro de las 3h, seguido por una posterior liberación lenta de metal que ocurrió durante las 3h restantes. Esta tendencia para metales como Zn es más obvia que para metales como Cd y As. Las tasas de eliminación alcanzaron un nivel relativamente más alto a las 3h cuando se eliminó el 48% de Zn, el 15% de Cd y el 7,3% de As. Después de eso, sus tasas de eliminación casi llegaron a un nivel estable con el aumento del tiempo de duración.

En Ecuador, los niveles de plomo pueden ser controlados a través del acuerdo 097-A Refórmese el Texto Unificado de Legislación Secundaria donde se establece dentro de los criterios de calidad del suelo que los niveles de plomo no deben sobrepasar los 25 mg/kg. Por otra parte, también se especifican que los valores máximos permisibles de plomo, de acuerdo a los criterios para remediación son de 25 mg/kg (MAE, 2015).

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La investigación se realizó en la provincia de Manabí, Cantón Bolívar, vía Calceta-Quiroga, Barrio La Juanita; en las coordenadas: $80^{\circ}16.30' W$ y $0^{\circ} 85.26' S$ (Figura 3.1).

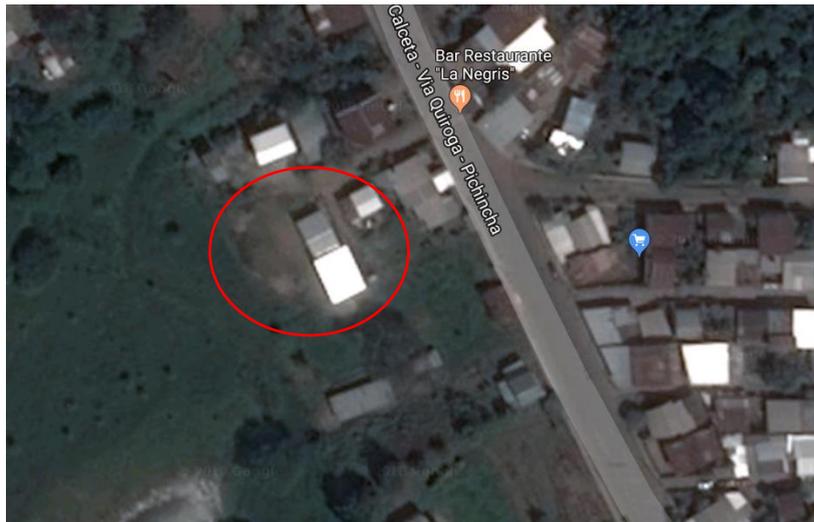


Figura 3. 1. Ubicación del sitio de estudio

3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO

La investigación tuvo una duración de nueve meses, a partir de la aprobación de la propuesta de titulación.

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. MÉTODOS

Método Experimental: Se realizó un experimento con dos fuentes de variación (tiempo de lavado y concentración del EDTA) y una variable dependiente.

3.3.2. TÉCNICAS

Experimento: Se realizó un experimento de un diseño factorial de 2X2 que consiste en el análisis de dos factores independientes de estudio.

3.4. FACTOR EN ESTUDIO

FACTOR A: Concentración del EDTA

A₁: 0,01 M

A₂: 0,02 M

FACTOR B: Tiempo de lavado

B₁: Suelo 1 con 24 horas de lavado

B₂: Suelo 2 con 48 horas de lavado.

Cuadro 3. 1. Factores en estudio

Niveles	Concentración del EDTA (M)	Tiempo de lavado (H)
	Factor A	Factor B
1	0,01	24
2	0,02	48

3.5. TRATAMIENTOS

Se realizó cuatro tratamientos, a cada uno se le realizó 4 repeticiones; lo que dio un total equivalente a 16 unidades experimentales.

Cuadro 3. 2. Tratamientos

Tratamientos	Código	Descripción
T₁	A ₁ B ₁	Lavado de suelo 1
T₂	A ₁ B ₂	Lavado de suelo 2
T₃	A ₂ B ₁	Lavado de suelo 3
T₄	A ₂ B ₂	Lavado de suelo 4

3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se realizó un diseño factorial de 2X2. Posteriormente, los resultados fueron procesados utilizando un análisis de varianza en el software SPSS 21.0.

Tratamientos	Códigos	Factor A	Factor B
		(Concentración de EDTA) M	(Tiempo de lavado) horas
T₁	A ₁ B ₁	0,01	24 horas
T₂	A ₁ B ₂	0,01	48 horas
T₃	A ₂ B ₁	0,02	24 horas
T₄	A ₂ B ₂	0,02	48 horas

3.7. VARIABLES DE ESTUDIO

3.7.1. INDEPENDIENTES

- Tiempo de lavado
- Concentración del EDTA

3.7.2. DEPENDIENTE

Remoción de plomo (%).

3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Se realizó el análisis ANOVA en el programa estadístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS, 2017) versión 21 para la comprobación de supuestos y análisis de variancia entre tratamientos y bloques. Además, los resultados fueron presentados en gráficos de cajas para su fácil interpretación.

3.9. PROCEDIMIENTOS

3.9.1. FASE I. CONCENTRACIÓN INICIAL DE PLOMO DE SUELO PROVENIENTE DE UNA MECÁNICA DE VEHÍCULOS

Actividad 1. Determinar las características del suelo

Siguiendo la metodología de Beiyuan *et al.* (2017) la muestra de suelo se tomó de la capa superficial (0-15 cm) en el sitio de contaminación (ver anexo 1 y anexo 2). El suelo se homogenizó, se secó a temperatura ambiente y se tamizó a través de un tamiz de 2 mm (anexo 1 fotos 1-6). Posteriormente se realizó análisis de laboratorio de parámetros físico-químicos como:

pH: Se midió a través de un potenciómetro (anexo 1 foto 20) antes y después del tratamiento para conocer cómo el EDTA concentración y tiempo de lavado regula este parámetro (Kim *et al.*, 2003).

Textura: Parámetro importante para conocer la capacidad que tiene el suelo para infiltrar, escurrir o concentrar el contaminante, según sus características (Mohanty y Mahindrakar, 2011) (anexo 1 foto 19).

Contenido total de Pb: Se envió un total de 800 g de muestra inicial a un laboratorio certificado de la ciudad de Quito (QuímicaLabs Cia.Ltda) para desarrollar un análisis de espectrometría (Ha et al., 2014) que indicó el nivel de Pb del suelo. Posteriormente, se comparó con los criterios de calidad de suelo (cuadro 3.1) establecidos en el Anexo 2, tabla 1 de la norma ecuatoriana de calidad del suelo (TULSMA, 2015) (anexo 1 foto 20).

Cuadro 3. 3. Criterios de calidad de suelo

Parámetro	Unidad de medida	Límite Máximo Permissible (LMP)
pH	---	6 a 8
Pb	mg/kg suelo	19 mg/kg suelo
Textura	---	Proporción relativa de arena, limo y arcilla inferiores a 2 milímetros

Fuente: Anexo 2. Tabla 1. TULSMA (2015)

Actividad 2. Desarrollo del experimento

En el diseño experimental se analizó dos tiempos diferentes de contacto del EDTA para la remoción de Pb en el suelo. A través de una revisión de publicaciones científicas sobre tiempos de contacto empleados en el lavado de suelos con EDTA se eligió un tiempo de 24h y el otro tiempo considerado para este estudio fue de 48h como lo proponen Mohanty y Mahindrakar (2011) quienes comprobaron que a mayor tiempo y a medida que aumenta la concentración del EDTA mejora la eficiencia o capacidad de remoción del plomo.

Se desarrolló el diseño factorial de 2X2 porque se analizó dos factores en estudio (concentración de EDTA y tiempo de lavado o contacto) con dos niveles, cada uno (0,1% y 0,2% para el factor concentración, y 24 y 48 horas para el factor tiempo). El propósito del experimento consistió en investigar diferentes parámetros implicados en la eliminación de metales pesados (Pb) en suelos contaminados. Resultó un total de 4 combinaciones diferentes, en función de la concentración mayor (0,2%) y menor (0,1%) y el tiempo mayor (48 h) y menor (24 h). Cada combinación se repitió cuatro veces para descartar errores en los datos (Niinae *et al.*, 2008). En cada una de las unidades experimentales, se colocó un total de 800 g de suelo, previamente secados al aire durante 24 horas

(Anexo 1, foto 7). Se usó la solución EDTA de acuerdo a las dosis establecidas (0,1% y 0,2%), en dos diferentes tiempos de lavado.

Para realizar la solución de lavado al 0,1% se pesó 50 g de EDTA y se diluyó con agua destilada (500 mL de volumen). Para la solución al 0,2% se pesó 100 g de EDTA y se diluyó con 500 mL de agua destilada (Anexo 1, foto 10). Posteriormente, se equilibró las muestras en un agitador magnético a 2000 rpm durante 15 minutos (Anexo 1, foto 13).

Se realizó la aplicación del experimento a cada unidad experimental. Se aplicó, a los 800 g de suelo, 500 mL de solución EDTA al 0,1% (para los tratamientos 1 y 2) y al 0,2% (para los tratamientos 3 y 4) y se llevó las muestras a la estufa a una temperatura de 205 °C (Anexo 1, foto 11) durante 1 hora (Anexo 1, foto 12), como lo recomiendan Niinae *et al.* (2008). Finalmente, las muestras de los tratamientos 1 y 2 (0,1% EDTA) fueron agitadas a 2000 rpm (Anexo 13) durante 24 horas y las muestras de los tratamientos 3 y 4 (0,2% EDTA) durante 48 horas (Beiyuan *et al.*, 2017). Concluido el tiempo, de acuerdo al experimento, se filtró el agua a cada una de las muestras, durante 1 hora (Anexos 1 fotos 14, 15,16 y 17) para obtener la muestra sólida y enviarla al laboratorio acreditado para su posterior análisis.

3.9.2. FASE II. EFICIENCIA DEL EDTA EN LA REMOCIÓN DE Pb EN SUELO CONTAMINADO

Actividad 3. Análisis post tratamiento

El suelo lavado fue analizado en función de los mismos parámetros estudiados previo al lavado (Beiyuan *et al.*, 2017), de esta manera se comparó con los criterios de remediación o restauración de suelos comerciales establecidos en el (anexo 3, foto 1) de la norma ecuatoriana de calidad del suelo (TULSMA, 2015). Finalmente, se identificó si hubo diferencia significativa en los parámetros analizados. En el cuadro 3.2 se detallan los niveles de los criterios de calidad para la remediación o restauración de suelo.

Cuadro 3. 4. Criterios de remediación o restauración de suelos comerciales

Parámetro	Unidad de medida	Límite Máximo Permisible (LMP)
pH	---	6 a 8
Pb	mg/kg suelo	150 mg/kg suelo
Textura	---	Proporción relativa de arena, limo y arcilla inferiores a 2 milímetros

Fuente: Anexo 2. Tabla 2. TULSMA (2015)

Actividad 4. Análisis de eficiencia del tratamiento

De acuerdo a la metodología empleada por Qiao *et al.* (2017) los datos fueron procesados utilizando SPSS versión 21.0 y se analizaron mediante análisis unidireccional de varianza (ANOVA) para el diseño factorial de 2X2. Se comprobó la hipótesis en función del valor de la probabilidad (valor p) que se calculó a través del ANOVA para determinar la significación estadística ($p < 0,05$) entre el contenido de Pb y las combinaciones de concentración de EDTA y el tiempo de lavado o contacto. El nivel de Pb final fue contrastado con la legislación nacional aplicable para criterios de contaminación en suelos.

3.9.4. FASE III. PROPONER ALTERNATIVAS DE MINIMIZACIÓN Y PREVENCIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON Pb, EN LA MECÁNICA DE VEHÍCULOS

En función de los resultados obtenidos se diseñó estrategias de manejo para que la mecánica de vehículos “Cedeño” las aplique en sus actividades, con la finalidad de evitar la contaminación del suelo y otros recursos naturales locales (Owolabi *et al.*, 2017).

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. FASE I. CONCENTRACIÓN INICIAL DE PLOMO DE SUELO PROVENIENTE DE UNA MECÁNICA DE VEHÍCULOS

Actividad 1. Determinar las características del suelo

De acuerdo a los resultados del estudio, el contenido inicial de plomo fue de 32,86 mg/Kg (Anexo 2 foto 1). Este nivel no se encuentra ajustado a la normativa ambiental aplicable (TULSMA, 2015) quien establece un nivel máximo de 19 mg/kg de suelo (cuadro 4.1). El resultado mantiene similitud con lo encontrado por Gutiérrez *et al.* (2017) quienes tampoco obtuvieron valores óptimos de plomo en un suelo proveniente de una mecánica de carro. Por otra parte, se encontró que la textura del suelo tiene una tendencia arcillosa; lo que indica que los contaminantes pueden quedar retenidos por mayor tiempo en los suelos y que para esto, se deben buscar alternativas de remediación altamente viables (Lee *et al.* (1998). El pH sí presentó condiciones favorables ya que se encuentra en un nivel con tendencia a la neutralidad y, además, se encuentra dentro de los niveles permisibles (6 a 8). Sin embargo, Qiao *et al.* (2017) afirma que un pH ácido (4) es mejor para remover mayores niveles de plomo en suelos contaminados.

Cuadro 4. 1. Resultados de la muestra inicial de suelo

Parámetro	Unidad de medida	Resultado	(Anexo 2,Tabla 1) Límite Máximo Permisible LMP
pH	---	6,92	6 a 8
Pb	mg/kg suelo	32	19 mg/kg suelo
Textura	---	40,2% arcilla 34,8% limo 25% arena Franco	Proporción relativa de arena, limo y arcilla inferiores a 2 milímetros

Fuente: Autoras de la investigación (2019)

4.2. FASE II. EFICIENCIA DEL EDTA EN LA REMOCIÓN DE PB EN SUELO CONTAMINADO

Actividad 3. Análisis post tratamiento

La remoción de plomo fue más eficiente en una concentración al 0,1% del EDTA y un tiempo de y 24h. El cuadro 4.2 muestra el efecto del EDTA en la eficiencia de la remoción del plomo en los diferentes tratamientos (Anexos 2, fotos 1-15). La mayor concentración del EDTA no se correlacionó con la mayor remoción de plomo para todas las unidades experimentales utilizadas.

Cuadro 4. 2. Resultados post tratamiento de la concentración de plomo en las 16 unidades experimentales.

Tratamientos	Combinación de niveles de los factores	Resultado mg/kg	Significancia de Remoción de plomo (p)	Límite Máximo Permissible (LMP) (Anexo1, Tabla 2)	Nivel de cumplimiento con TULSMA
T1R1	0,1%-24h	15,37	>0,05	150 mg/kg	Cumple
T1R2	0,1%-24h	14,41	>0,05	150 mg/kg	Cumple
T1R3	0,1%-24h	16,31	>0,05	150 mg/kg	Cumple
T1R4	0,1%-24h	15,36	>0,05	150 mg/kg	Cumple
T2R1	0,1%-48h	15,76	>0,05	150 mg/kg	Cumple
T2R2	0,1%-48h	17,02	<0,05	150 mg/kg	Cumple
T2R3	0,1%-48h	17,16	<0,05	150 mg/kg	Cumple
T2R4	0,1%-48h	15,08	>0,05	150 mg/kg	Cumple
T3R1	0,2%-24h	13,01	>0,05	150 mg/kg	Cumple
T3R2	0,2%-24h	17,34	<0,05	150 mg/kg	Cumple
T3R3	0,2%-24h	21,49	<0,05	150 mg/kg	Cumple
T3R4	0,2%-24h	16,19	>0,05	150 mg/kg	Cumple
T4R1	0,2%-48h	18,69	<0,05	150 mg/kg	Cumple
T4R2	0,2%-48h	15,56	>0,05	150 mg/kg	Cumple
T4R3	0,2%-48h	14,67	>0,05	150 mg/kg	Cumple
T4R4	0,2%-48h	14,49	<0,05	150 mg/kg	Cumple

Fuente: Autoras de la investigación (2019)

Finalmente, en el gráfico 4.1 se muestra un diagrama de cajas que representa el rango total de los valores obtenidos en las repeticiones de cada tratamiento. El tratamiento que resultó con la menor concentración final de Pb correspondió al

T1 (0,01% de EDTA y 24h) y con una mayor concentración promedio de remoción de plomo fue el T3 (0,02% de EDTA y 24h); este tratamiento obtuvo el mayor rango de valores en las repeticiones.

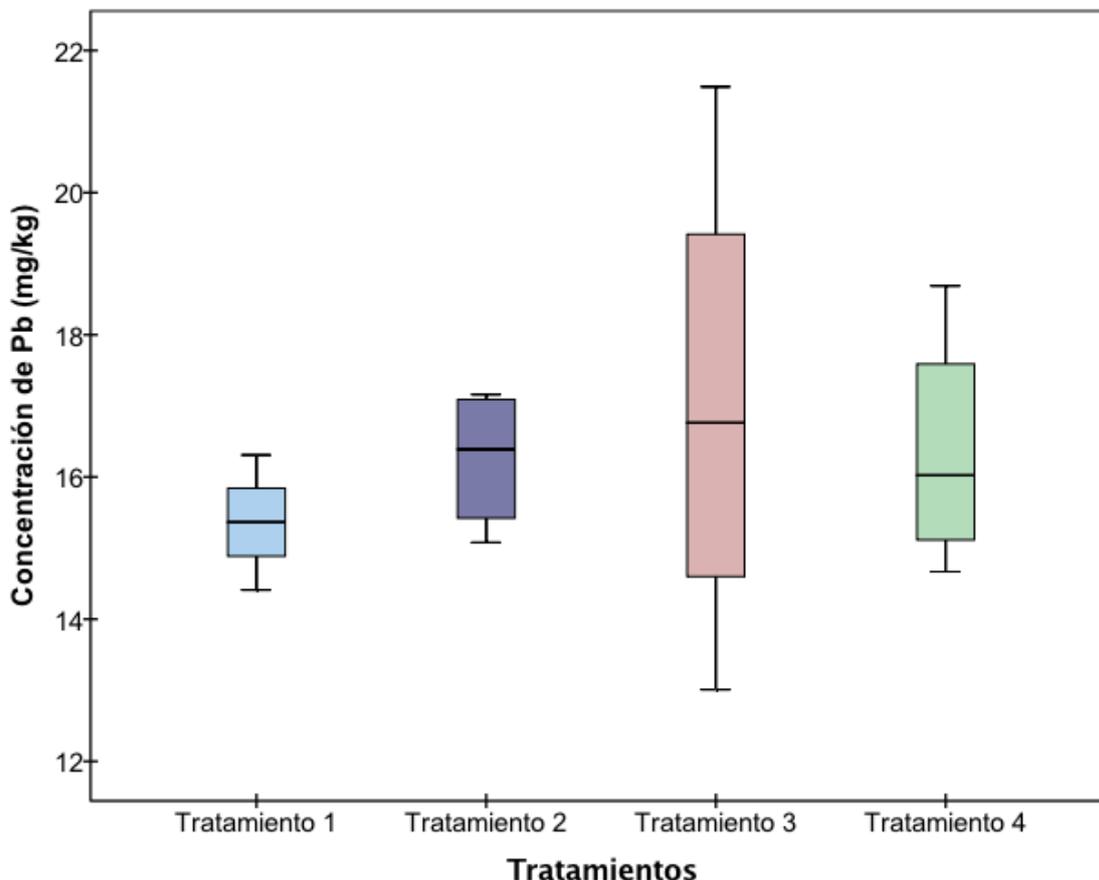


Gráfico 4. 1. Diagrama de cajas de la concentración de Pb post lavado de suelo con solución EDTA al 0,1 M – 0,2 M y tiempo de 24h y 48 h.

Fuente: Autoras de la investigación (2019).

La combinación de los factores A (concentración de EDTA) y B (tiempo de lavado) se expresa en el gráfico de diagrama de contorno (gráfico 4.2). Se muestra una progresión de valores que se reducen conforme los factores A y B están combinados en sus niveles mínimos; indicando que hay remoción en la concentración final de Pb. Esto quiere decir que los resultados más favorables son obtenidos cuando el factor concentración de EDTA corresponde a 0,1%. Por otra parte, para el tiempo de exposición no se observa una progresión abrupta en la variación de los efectos sobre la concentración final de Pb; esto, no guarda relación con lo encontrado por Dave *et al.* (2011) quienes comprobaron que, a mayor tiempo la eficiencia también es mayor. Pero coincide con lo establecido

por Zou *et al.* (2009) quienes encontraron que la concentración del EDTA es principal indicador de la eficiencia en remoción de contaminantes.

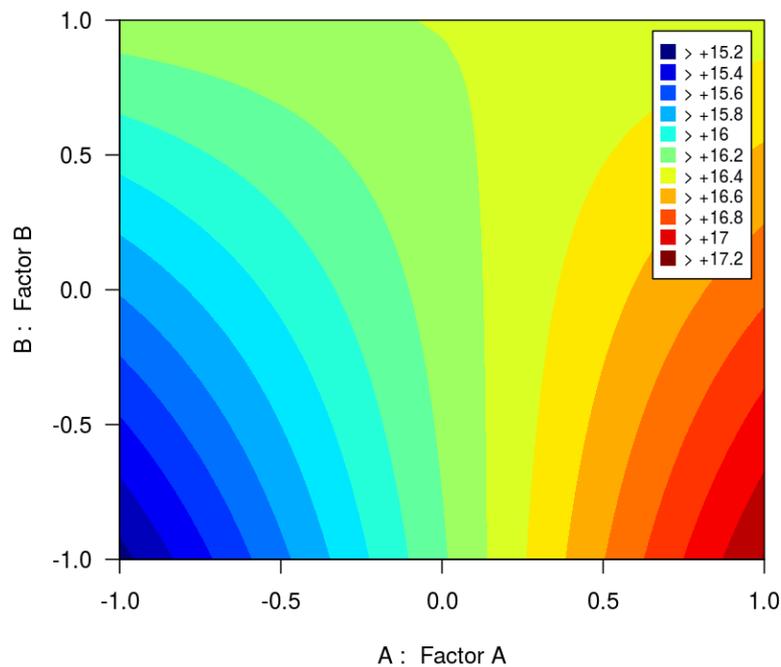


Gráfico 4. 2. Diagrama de contorno sobre las combinaciones de factores.

Fuente: Autoras de la investigación (2019).

El diagrama de Pareto el gráfico 4.3 muestra la ponderación de los efectos de cada uno de los factores de estudio con su respectiva contribución a la reducción de la concentración final. El factor A (concentración de EDTA) es el que posee mayor representatividad en los resultados obtenidos, seguido por la interacción de los factores A y B, y con menor importancia el factor tiempo de exposición.

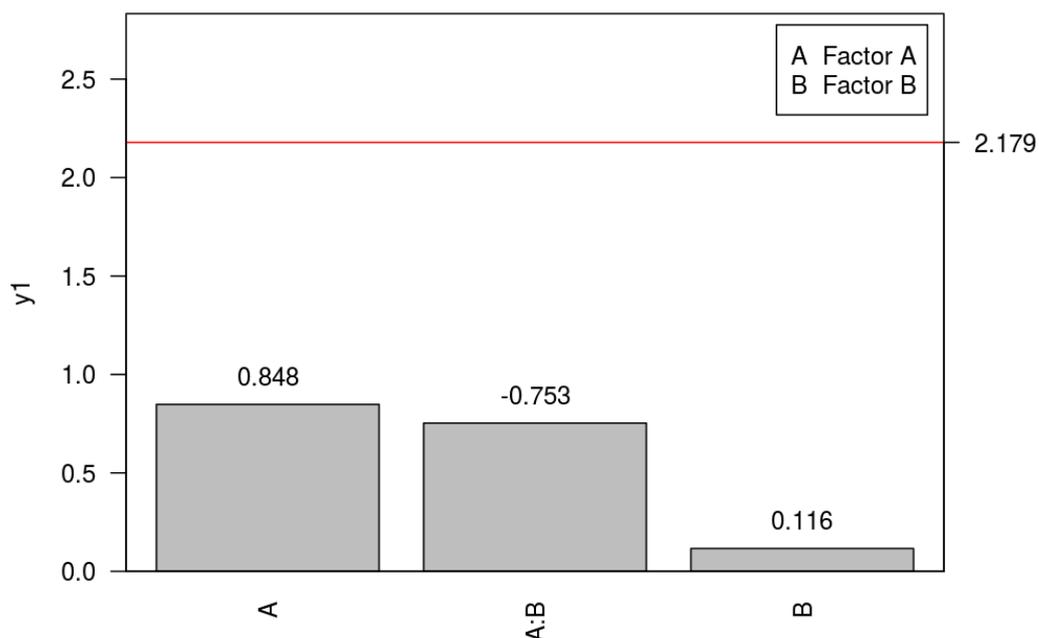


Gráfico 4. 3. Diagrama de Pareto sobre los efectos de las combinaciones de los tratamientos.

Fuente: Autoras de la investigación (2019).

Actividad 4. Análisis de eficiencia del tratamiento

La mayor remoción de Pb (53,25%) se obtuvo en el tratamiento 1 (0,1 y 24 h). En los tratamientos 2, 3 y 4 la remoción fue menor, pero con niveles no muy diferentes (gráfico 4.4). El segundo tratamiento registró una eficiencia del 50,53% (2,72% de diferencia, en comparación con el primer tratamiento). Los cuatro tratamientos registraron un nivel significativo de remoción de Pb; valores entre 48,24% a 53,25% (anexo 3, foto 17); esto se ajusta a los resultados de Mohanty y Mahindrakar (2011) quienes pudieron remover concentraciones de Pb en un rango de 41,99% a 53,87% a través del lavado de suelo con solución EDTA en concentraciones de 0,005 hasta 0,1M.

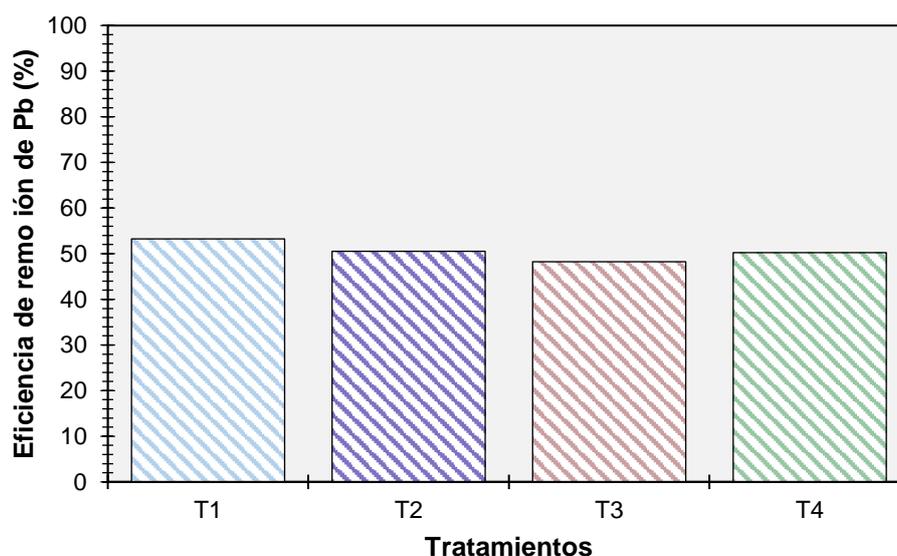


Gráfico 4.4. Eficiencia en la remoción de Pb en los cuatro tratamientos.

Fuente: Autoras de la investigación (2019).

La importancia de cada coeficiente se determinó a través de un ANOVA donde el valor p indica una importancia alta del coeficiente correspondiente; considerando un 95% de confianza. El ANOVA muestra que el efecto de remoción de plomo es significativo para cada factor de respuesta y para la combinación de factores (cuadro 4.3); lo que indica que la hipótesis del estudio se cumple. Los tratamientos que surgen de la combinación de los dos factores, generan resultados relativamente similares, sin que exista diferencia significativa ($>0,05$) entre tratamientos. Pero ambos factores (concentración al 0,1% y 0,2% y tiempo de 24h y 48 h) presentan un valor de $p >0,05$ para la remoción de plomo; demostrando es viable la técnica de tratamiento para cualquiera de los casos.

Cuadro 4.3. ANOVA de los tratamientos, según las combinaciones.

Factores	SS	df	MS	F	F table	Stat sig?
A	3,0	1	3,04	0,6872	9,3302	$>0,05$
B	0,06	1	0,06	0,0128	9,3302	$>0,05$
AB	0,00	1	0,00	0	9,3302	$>0,05$
Error	53,02	12	4,42			
Total	56.1	15				

Fuente: Autoras de la investigación (2019)

4.3. FASE III. PROPONER ALTERNATIVAS DE MINIMIZACIÓN Y PREVENCIÓN DE CONTAMINACIÓN CON PB, EN LA MECÁNICA DE VEHÍCULOS

De acuerdo a la situación del área de estudio y la preocupación nacional por el adecuado manejo de los residuos peligrosos, entre ellos los aceites lubricantes usados, se proponen alternativas para prevenir la contaminación de suelos con plomo a través de estos residuos. Por ello se establecen los aspectos técnicos en las diferentes etapas de manejo (generación, recepción, almacenamiento temporal, tratamiento, generación debido al manejo y disposición final); garantizando el cumplimiento de la normativa aplicable (Acuerdo N0 026, 2008) y protección de la salud humana y los recursos naturales.

Para cumplir con esta finalidad, se recomiendan presentar a la mecánica “Cedeño” 7 alternativas para evitar la contaminación de suelos en la mecánica de vehículos:

1. Disponer de una bodega para el almacenamiento temporal de los desechos peligrosos y/o especiales evitando su contacto con los recursos agua y suelo, y verificando la compatibilidad de los mismos, de acuerdo a lo estipulado en los Arts. 88, literales d y e), 93 y 94 del A.M. 061.
2. El responsable de la mecánica Cedeño deberá obtener el Registro como generador de desechos peligrosos ante la Autoridad Ambiental de Aplicación responsable (AAAr).
3. Posterior a la emisión del Registro, en un plazo no mayor a 90 días, el responsable de la mecánica Cedeño deberá presentar el Plan de minimización de desechos peligrosos ante la Autoridad Ambiental competente.
4. Realizar la declaración anual de los desechos peligrosos generados en la mecánica “Cedeño” mediante el formulario **“Declaración Anual de generación y manejo de desechos peligrosos” (MA-SGD-DA)**, estipulado en el Acuerdo Ministerial 026.

5. Los desechos peligrosos y/o especiales deben permanecer envasados, almacenados y etiquetados de acuerdo a lo estipulado en los Arts. 91 y 92 del A.M. 061 y apartado 6. 1. 5. de la NTE INEN 2266:2013.
6. Asegurar que el personal que se encargue del manejo de los desechos peligrosos, tenga la capacitación necesaria y cuenten con el equipo de protección apropiado, a fin de precautelar su salud, según lo estipulado en el acuerdo ministerial n° 061, (art. 163, apartado c).
7. La mecánica "Cedeño" deberá disponer de 1 separador API de triple cámara para la remoción de los aceites y grasas procedentes de las actividades diarias del proyecto, mismo que deberá estar ubicado en la tubería de descarga final (efluente), según lo estipulado en el Reglamento Ambiental de actividades Hidrocarburíferas (RAOHE 1215) art. 29.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El suelo analizado presentó una concentración inicial de plomo de 32 mg/kg suelo, sobrepasando los límites máximos permisibles establecidos en la normativa ambiental aplicable (19 mg/kg suelo).
- La remoción de Pb a través de los tratamientos aplicados, reflejó una eficiencia entre 48,24% a 53,25%.
- Se comprueba la hipótesis de estudio, ya que el tiempo y la concentración de EDTA, sí remueven significativamente la concentración de plomo en suelos contaminados.
- Los cuatro tratamientos (0,1%EDTA-24h; 0,1%EDTA-48h; 0,2%EDTA-24h; y 0,2%EDTA-48h) alcanzaron una remoción de plomo significativa, alcanzando niveles aproximados al 50%.

5.2. RECOMENDACIONES

- Difundir los resultados a la mecánica de vehículos para que opten por hacer uso del tratamiento en las buenas prácticas ambientales que deben realizar.
- Realizar otras pruebas experimentales variando la concentración a valores inferiores a 0,02 l.
- La mecánica de vehículos deberá enmarcarse a estrategias de buenas prácticas ambientales en sus actividades comerciales.
- Cumplir con los lineamientos y requisitos contemplados en los acuerdos ministeriales 026 y 061, así como también de la NTE INEN 2266 aplicables en todas las etapas del manejo de los residuos peligrosos (generación, recepción, almacenamiento temporal, tratamiento y disposición final).

BIBLIOGRAFÍA

- Adela Y, Ambelu A, Tessema D (2012) Occupational lead exposure among automotive garage workers—a case study for Jimma town. *J Occup Med Toxicol, Ethiopia*. Doi: 10.1186/1745-6673-7-15
- Aguilar, J., Dorronsoro, C., Fernández, E., Fernández, J., García, I., Martín, F., & Simón, M. (2004). Soil pollution by a pyrite mine spill in Spain: evolution in time. *Environmental Pollution*, 132(3), 395-401.
- Akinola, M., & Mendes, W. B. (2008). The dark side of creativity: Biological vulnerability and negative emotions lead to greater artistic creativity. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 34(12), 1677-1686.
- Al Obaidy, A. H. M., & Al Mashhadi, A. A. (2013). Heavy metal contaminations in urban soil within Baghdad City, Iraq. *Journal of Environmental Protection*, 4(01), 72.
- AlEasawi, N., Mahmood, M., & Hassoon, H. (2017). Determination of heavy metal concentrations in nails of car workshops workers in Baghdad. *Journal of American Science*, 13(6).
- Alloway, B. (Ed.). (2012). *Heavy metals in soils: trace metals and metalloids in soils and their bioavailability* (Vol. 22). Springer Science & Business Media.
- Amellal, N., Portal, J., & Berthelin, J. (2001). Effect of soil structure on the bioavailability of polycyclic aromatic hydrocarbons within aggregates of a contaminated soil. *Applied Geochemistry*, 16(14), 1611-1619.
- Beiyuan, J., Awad, Y. M., Beckers, F., Tsang, D. C., Ok, Y. S., & Rinklebe, J. (2017). Mobility and phytoavailability of As and Pb in a contaminated soil using pine sawdust biochar under systematic change of redox conditions. *Chemosphere*, 178, 110-118.
- Cai, J; Cao, Y; Tan, H; Wang, Y; Luo, J (2011). Fractionation and ecological risk of metals in urban river sediments in Zhongshan City, Pearl River Delta. *J Environ Monit* 13:2450–2456.
- Camenzuli, D., & Freidman, B. L. (2015). On-site and in situ remediation technologies applicable to petroleum hydrocarbon contaminated sites in the Antarctic and Arctic. *Polar Research*, 34(1), 24492.
- Cheng, S., Huang, Y., Tu, Y. (2011). Remediation of soils contaminated with chromium using citric and hydrochloric acids: The role of chromium fractionation in chromium leaching. *Environ. Technol.*, 32: 879-889.
- Coloma, D. (2018). Diagnóstico ambiental de la gestión de residuos peligrosos de las mecánicas, lavadoras y lubricadoras del 34etals Ambato (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).

- Dave, D., R. Alharathi and Ghaly, 2011. Sequential remediation processes for effective removal of oil from contaminated soils. *Am. J. Environ. Sci.*, 7: 477-491. DOI: 10.3844/ajessp.2011.477.491
- Doumett, S.; Lamperi, L.; Checchini, L.; Azzarello, E.; Mugnai, S.; Mancuso, S.; Petruzzelli, G.; Del Bubba, M., (2008). Heavy metal distribution between contaminated soil and *Paulownia tomentosa*, in a pilot-scale assisted phytoremediation study: Influence of different complexing agents. *Chemosphere*, 72 (10), 1481-1490.
- Du, Y. J., Fan, R. D., Reddy, K. R., Liu, S. Y., & Yang, Y. L. (2015). Impacts of presence of lead contamination in clayey soil–calcium bentonite cutoff wall backfills. *Applied Clay Science*, 108, 111-122.
- Ellis, W., Fogg, T., Tafuri, A. (1986). Treatment of Soils Contaminated with Metals. Proceedings of the 12th Annual Research Symposium: Land Disposal, Remedial Action, Incineration and Treatment of Hazardous Waste. P 201-207.
- Esposito, P., J. Hemling, B. B. Locke, M. Taylor, M. Szabo, R. Thurnau, C. Rogers, R. Traver and E. Barth. (1989). Results of Treatment Evaluations of a Contaminated Synthetic Soil," *J. Air Pollut. Control Assoc.*, 39: 292-304.
- Finzgar, N., & Leštan, D. (2007). Multi-step leaching of Pb and Zn contaminated soils with EDTA. *Chemosphere*, 66(5), 824-832.
- Galantini, J., & Iglesias, J. O. (2018). Las fracciones orgánicas del suelo: ¿ Por qué y cómo separarlas?.
- Garciacano, J., Rodríguez, A., Rivera, D., & Servín, C. (2016). Eliminación de contaminantes del suelo provenientes de actividad pirotécnica por medio de remediación electrocinética en San Vicente Chicoloapan, Chimalhuacán, Estado de México.
- Gu, Q., Guo, G., Ma, J., Zhou, Y., Yan, Z., Xie, Y., ... & Xue, N. (2018). Progress in the Risk Management of Contaminated Sites: Research Activities and Environmental Management of Contaminated Sites at CRAES. In *Twenty Years of Research and Development on Soil Pollution and Remediation in China*(pp. 65-87). Springer, Singapore.
- Ha, H., Olson, J. R., Bian, L., & Rogerson, P. A. (2014). Analysis of heavy metal sources in soil using kriging interpolation on principal components. *Environmental science & technology*, 48(9), 4999-5007.
- Huang, Y., & Keller, A. A. (2015). EDTA functionalized magnetic nanoparticle sorbents for cadmium and lead contaminated water treatment. *Water research*, 80, 159-168.

- Imperato, M., Adamo, P., Naimo, D., Arienzo, M., Stanzione, D., & Violante, P. (2003). Spatial distribution of heavy metals in urban soils of Naples city (Italy). *Environmental pollution*, 124(2), 247-256.
- Itanna F, Breuer J, Olsson M (2008) The fate and 36etals36antes36ty of some trace elements applied to two vegetable farms in Ethiopia. *African J Agric Res* 3(11):797–807.
- Janus, A., Pelfrêne, A., Heymans, S., Deboffe, C., Douay, F., & Waterlot, C. (2015). Elaboration, characteristics and advantages of biochars for the management of contaminated soils with a specific overview on *Miscanthus* biochars. *Journal of environmental management*, 162, 275-289.
- Jaradat Q, Masadeh A, Zaitoun M, Maitah B (2005) Heavy metal contamination of soil, plant and air of scrapyard of discarded vehicles at Zarqa City, Jordan. *Soil Sediment Contam* 14:449–462.
- Farfán, J. (2018). Determinación de plomo y cromo en tramo del río Vines en sector La Bocana del 36etals Salitre-Ecuador propuesta de prevención y remediación (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil).
- Jiang M, Zeng G, Zhang C, Ma X, Chen M, Zhang J, Lu L, Yu Q, Hu L, Liu L (2013) Assessment of heavy metal contamination in the surrounding soils and surface sediments in Xiawangang River, Qingshuitang District. *PLoS One* 8(8):e71176.
- Kadirvelu K, Thamaraisevi K, Namasivayama C (2001) Removal of heavy metal from industrial wastewaters by adsorption onto activated carbon prepared from an agricultural solid waste. *Bioresour Technol* 76:63–65
- Kapusta, P., & Sobczyk, Ł. (2015). Effects of heavy metal pollution from mining and smelting on enchytraeid communities under different land management and soil conditions. *Science of the Total Environment*, 536, 517-526.
- Kidd, P., Mench, M., Álvarez-López, V., Bert, V., Dimitriou, I., Friesl-Hanl, W., ... & Neu, S. (2015). Agronomic practices for improving gentle remediation of trace element-contaminated soils. *International journal of phytoremediation*, 17(11), 1005-1037.
- Kim, C., Lee, Y., & Ong, S. K. (2003). Factors affecting EDTA extraction of lead from lead-contaminated soils. *Chemosphere*, 51(9), 845-853.
- Kuppusamy, S., Thavamani, P., Venkateswarlu, K., Lee, Y. B., Naidu, R., & Megharaj, M. (2017). Remediation approaches for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) contaminated soils: Technological constraints, emerging trends and future directions. *Chemosphere*, 168, 944-968.
- Lahura Albújar, N. E., Luna, B., Emerson, B., De la Cruz Santos, L., Pérez Lachi, S. C., Herrera, Y., ... & Cobeña Navarrete, E. (2016). Eficiencia del

Acinetobacter SP. Y Pseudomonas SP. En la biorremediación de suelos contaminados con aceites dieléctricos 37etals37a.

- Lee, J. K., Park, D., Kim, B. U., Dong, J. I., & Lee, S. (1998). Remediation of petroleum-contaminated soils by fluidized thermal desorption. *Waste Management*, 18(6-8), 503-507.
- Li, F., Zhang, J., Jiang, W., Liu, C., Zhang, Z., Zhang, C., & Zeng, G. (2017). Spatial health risk assessment and hierarchical risk management for mercury in soils from a typical contaminated site, China. *Environmental geochemistry and health*, 39(4), 923-934.
- Li, Y., Lei, M., Chen, T. B., Yang, J., Zhu, X. Y., & Wang, Y. W. (2013). Optimized EDTA Washing Procedure to Decontaminate Heavy Metals from Soils in Iron and Steel Works Sites.
- Lim, T. T., Tay, J. H., & Wang, J. Y. (2004). Chelating-agent-enhanced heavy metal extraction from a contaminated acidic soil. *Journal of Environmental Engineering*, 130(1), 59-66.
- Liu, M., Huang, B., Bi, X., Ren, Z., Sheng, G., Fu, J., 2013. Heavy metals and organic compounds contamination in soil from an e-waste region in South China. *Environ. Sci. Process. Impact* 15, 919-929.
- MAE (Ministerio del Ambiente Ecuador). 2015. 097-A Refórmese el Texto Unificado de Legislación Secundaria. (En línea). Consultado 23 de agosto de 2018. Formato PDF. Disponible en: <http://www.ambiente.gob.ec/>
- Majone, M., Verdini, R., Aulenta, F., Rossetti, S., Tandoi, V., Kalogerakis, N., ... & Fava, F. (2015). In situ groundwater and sediment bioremediation: barriers and perspectives at European contaminated sites. *New biotechnology*, 32(1), 133-146.
- Mao, X., Jiang, R., Xiao, W., & Yu, J. (2015). Use of surfactants for the remediation of contaminated soils: a review. *Journal of hazard*
- Marañón, T., & Marañón, T. (2016). Interacciones árbol-suelo y provisión de servicios ecosistémicos en el Corredor Verde del Guadamar.
- Martínez V. et al, (2012). Lavado de suelo contaminado con plomo. (En línea). Ec, Consultado, el 05 de Junio 2018. Formato PDF. Disponible en <http://www.bvsde.paho.org>
- Masías Puma, R., Chanqueti, P., Delfín, E., Gutiérrez, P., & Alex, R. (2017). Implementación del plan y manejo de reciclaje de lubricantes en el taller mecánico de motos Ssenda para reducir la contaminación ambiental en el distrito de Ate Vitarte año 2017.
- McCauley, A., Jones, C., & Jacobsen, J. (2009). Soil pH and organic matter. *Nutrient management module*, 8, 1-12.

- Min, C., Z. Guangming, H. Danlian, Y. Chunping and L. Cui et al., 2017. Advantages and challenges of TWEEN 80 surfactant-enhanced technologies for the remediation of soils contaminated with hydrophobic organic compounds. *Chem. Eng. J.*, 314: 98-113.
- Mobley, K. (1985). Potential Use of Chelating Agents for Decontamination of Soils. M.S. Thesis, Dartmouth, 1988. Connick, C. C., "Mitigation of Heavy Metal Migration in Soil," *New Eng. Water Pollut. Control Assoc. J.*, 19: 4-21.
- Mohanty, B., & Mahindrakar, A. B. (2011). Removal of heavy metal by screening followed by soil washing from contaminated soil. *International Journal of Technology and Engineering System (IJTES)*, 2(3), 290-293.
- Moutsatsou, A., Gregou, M., Matsas, D., & Protonotarios, V. (2006). Washing as a remediation technology applicable in soils heavily polluted by mining–metallurgical activities. *Chemosphere*, 63(10), 1632-1640.
- Naser H, Sultana S, Mahmud N, Gomes R, Noor S (2011) Heavy metal levels in vegetables with growth stage and plant species variation. *Bangladesh J Agric Res* 36(4):563–574.
- Navarro M, Pérez-Sirvent C, Martínez-Sánchez M, Vidal J, Tovar P, Bech J (2008) Abandoned mine sites as a source of contamination by heavy metals: a case study in a semi-arid zone. *J Geochem Explor* 96(2–3):183–193
- Navarro-Fernández, C. M., Madejón, E., Madejón, P., Domínguez, M. T., Pérez-Álvarez, J. M., Anaya Romero, M., & Marañón, T. (2018). Identificación de medidas actuales y potenciales para la prevención y recuperación de suelos contaminados. *Modelo del Corredor Verde del Guadiamar*.
- Niinae, M., Nishigaki, K., & Aoki, K. (2008). Removal of lead from contaminated soils with chelating agents. *Materials transactions*, 49(10), 2377-2382.
- Niu, L. Q., Jia, P., Li, S. P., Kuang, J. L., He, X. X., Zhou, W. H., ... & Li, J. T. (2015). Slash-and-char: an ancient agricultural technique holds new promise for management of soils contaminated by Cd, Pb and Zn. *Environmental pollution*, 205, 333-339.
- Nouri, J.; Mahvi, A.H.; Jahed, G.R.; Babaei, A.A. (2008). Regional distribution pattern of groundwater heavy metals resulting from agricultural activities. *Environ. Geo.*, 55 (6), 1337-1343.
- Nwachukwu, M. A.; Feng, H.; Alinnor, J., (2010). Assessment of heavy metal pollution in soil and their implications within and around mechanic villages. *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 7 (2), 347-358
- Odoemelam, S. A., & Ajunwa, O. (2017). Heavy metal status and physicochemical properties of agricultural soil amended by short term application of animal manure. *Current World Environment*, 3(1).

- Oh, K., Cao, T., Li, T., & Cheng, H. (2014). Study on application of phytoremediation technology in management and remediation of contaminated soils. *Journal of Clean Energy Technologies*, 2(3), 216-220.
- Ololade, I. (2014) An Assessment of heavy metal contamination in soils within automechanical workshops using enrichment and contamination factors with geoaccumulation index. *J Environ Prot* 5:970–982.
- Osathaphan, K., Chucherdwatanasak, B., Rachdawong, P., & Sharma, V. K. (2008). Effect of ethylenediaminetetraacetate on the oxidation of cyanide in an electrochemical process. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 43(3), 295-299.
- Owolabi, R. U., Akinola, A. A., Oyelana, O. A., & Amosa, M. K. (2017). Some Physico-Chemical and Adsorptive Reclamation Strategies of Spent Automobile Engine Lubricating Oil. *Journal of Engineering Research*, 22(1), 98-106.
- Pantawat, S., Nawaporn, T. (2018). Efficiency of EDTA and TWEEN 80 for the Removal of Chromium using Soil Washing Technologies. *American Journal of Applied Sciences*. 15(1). 43-50.
- Pérez, M. R., Pavlovic, I., Barriga, C., Cornejo, J., Herмосín, M. C., & Ulibarri, M. A. (2006). Uptake of Cu²⁺, Cd²⁺ and Pb²⁺ on Zn–Al layered double hydroxide intercalated with edta. *Applied Clay Science*, 32(3-4), 245-251.
- Qiao, J., Sun, H., Luo, X., Zhang, W., Mathews, S., & Yin, X. (2017). EDTA-assisted leaching of Pb and Cd from contaminated soil. *Chemosphere*, 167, 422-428.
- Qiu, R., Zou, Z., Zhao, Z., Zhang, W., Zhang, T., Dong, H., & Wei, X. (2010). Removal of trace and major metals by soil washing with Na₂ EDTA and oxalate. *Journal of soils and sediments*, 10(1), 45-53.
- Ramírez M. et al, (2008). Lavado de suelo. (En línea). Ec, Consultado, el 05 de Junio 2018. Formato PDF. Disponible en <http://bvirtual.ucol>.
- Ramírez, J., Falcón, N., & Serrano, E. (2014). Contaminación de suelos con huevos de *Toxocara* sp. En ambientes internos de Instituciones Educativas Estatales de los distritos del cono Norte de Lima. *Salud Tecnol Vet*, 2, 78-82.
- Reddy, K.R. and C. Supraja, 2000. Comparison of 39etals39antes for removing heavy metals from contaminated clayey soils. *Soil Sediment Contaminat.*, 9:449-462.
- Salinas, J., González, V., García, I., Simón, M., & Del Moral, F. (2016). Utilización conjunta de técnicas de inmovilización y fitoextracción en la descontaminación de suelos.

- Sampanpanish, P. and T. Pojanaporn, 2014. Comparison of EDTA and EDDS enhanced phytoextraction of Cr and Pb from contaminated soil by *Ananas comosus* (L.) Merr. *Am. J. Agric. Biol. Sci.*, 9: 361-368.
- Sepúlveda, T. V. (2005). Suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación. Instituto Nacional de Ecología.
- Shaheen, S.M., Rinklebe, J., 2015. Phytoextraction of potentially toxic elements by Indian mustard, rapeseed, and sunflower from a contaminated riparian soil. *Environ. Geochem. Health* 37, 953-967.
- Sidhu, G.P.S., Singh, H.P., Batish, D.R., Kohli, R.K., 2017. Appraising the role of environment friendly chelants in alleviating lead by *Coronopus didymus* from Pb-contaminated soils. *Chemosphere* 182, 129-136.
- Su, C. (2014). A review on heavy metal contamination in the soil worldwide: situation, impact and remediation techniques. *Environmental Skeptics and Critics*, 3(2), 24.
- Sun, B., Zhao, F. J., Lombi, E., & McGrath, S. P. (2001). Leaching of heavy metals from contaminated soils using EDTA. *Environmental pollution*, 113(2), 111-120.
- Sutherland, W. J., Bardsley, S., Bennun, L., Clout, M., Côté, I. M., Depledge, M. H., ... & Gibbons, D. W. (2011). Horizon scan of global conservation issues for 2011. *Trends in ecology & evolution*, 26(1), 10-16.
- Syed RR, Dilara K, Tanveer MA, Mohammad SI, Mohammad AA, Mohammad AA (2012) Assessment of heavy metal contamination of agricultural soil around Dhaka export processing zone (DEPZ), Bangladesh: implication of Seasonal Variation and Indices. *Appl Sci* 2:584–601.
- Thavamani, P., Smith, E., Kavitha, R., Mathieson, G., Megharaj, M., Srivastava, P., & Naidu, R. (2015). Risk based land management requires focus beyond the target contaminants—a case study involving weathered hydrocarbon contaminated soils. *Environmental Technology & Innovation*, 4, 98-109.
- Tingo M. et al, (2012). Lavado de suelos contaminados. (En línea). Ec, Consultado, el 05 de Junio 2018 PDF. Disponible en <https://es.slideshare.net>
- Tóth, G., Hermann, T., Da Silva, M. R., & Montanarella, L. (2016). Heavy metals in agricultural soils of the European Union with implications for food safety. *Environment international*, 88, 299-309.
- Tripathi, V., Fraceto, L. F., & Abhilash, P. C. (2015). Sustainable clean-up technologies for soils contaminated with multiple pollutants: plant-microbe-pollutant and climate nexus. *Ecological Engineering*, 82, 330-335.

- Tsang, D.C.W., Hartley, N.R., 2014. Metal distribution and spectroscopic analysis after soil washing with chelating agents and humic substances. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 21, 3987-3995.
- Udovic, M., & Lestan, D. (2010). Fractionation and bioavailability of Cu in soil remediated by EDTA leaching and processed by earthworms (*Lumbricus terrestris* L.). *Environmental Science and Pollution Research*, 17(3), 561-570.
- Udovic, M., & Lestan, D. (2012). EDTA and HCl leaching of calcareous and acidic soils polluted with potentially toxic metals: remediation efficiency and soil impact. *Chemosphere*, 88(6), 718-724.
- Valdés A. et al, (2008). Suelo contaminado. (En línea). Ec, Consultado, el 05 de Junio 2018. Formato PDF. Disponible en <http://www.bvsde.paho.org>
- Valles, C., & Alarcón, T. (2008). Estabilización química de suelos contaminados con 41 etals pesados. In I Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. Chihuahua, Chihuahua, México.
- Wei Jiang, Tao Tao, Zhiming Liao (2011) Removal of Heavy Metal from Contaminated Soil with Chelating Agents, *Open Journal of Soil Science*, 2011, 1, 70-76
- Wu, Q., Leung, J. Y., Geng, X., Chen, S., Huang, X., Li, H., ... & Lu, Y. (2015). Heavy metal contamination of soil and water in the vicinity of an abandoned e-waste recycling site: implications for dissemination of heavy metals. *Science of the Total Environment*, 506, 217-225.
- Ye, S., Zeng, G., Wu, H., Zhang, C., Liang, J., Dai, J., ... & Cheng, M. (2017). Co-occurrence and interactions of pollutants, and their impacts on soil remediation—A review. *Critical reviews in environmental science and technology*, 47(16), 1528-1553.
- Zhang, W., Huang, H., Tan, F., Wang, H., & Qiu, R. (2010). Influence of EDTA washing on the species and mobility of heavy metals residual in soils. *Journal of Hazardous Materials*, 173(1-3), 369-376.
- Zhang, W., Tsang, D. C., & Lo, I. M. (2008). Removal of Pb by EDTA-washing in the presence of hydrophobic organic contaminants or anionic surfactant. *Journal of hazardous materials*, 155(3), 433-439.
- Zhao, F. J., Ma, Y., Zhu, Y. G., Tang, Z., & McGrath, S. P. (2014). Soil contamination in China: current status and mitigation strategies. *Environmental science & technology*, 49(2), 750-759.
- Zou, Z., R. Qiu, W. Zhang, H. Dong and Z. Zhao et al., 2009. The study of operating variables in soil washing with EDTA. *Environ. Pollut.*, 157: 229-236. DOI: 10.1016/j.envpol.2008.07.009.

ANEXOS

ANEXO 1



Foto 1. Toma de muestras en el sitio contaminado (Mecánica de carros)



Foto 5. Remoción de Partículas



Foto 2. Panorama del suelo contaminado



Foto 6. Muestra tamizada



Foto 3. Tamizaje del suelo contaminado

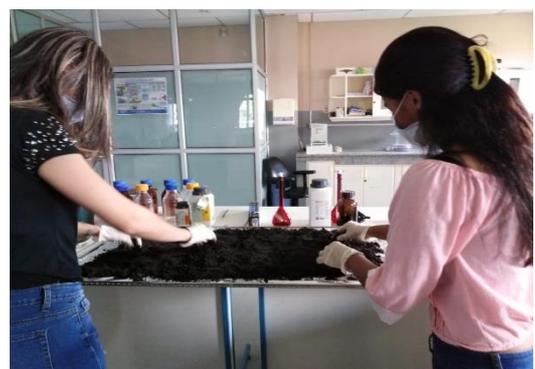


Foto 7. Muestra de suelo secada al aire



Foto 4. Muestras del suelo inicial



Foto 8. Calibración de los materiales



Foto 9. Dilución de la concentración del EDTA en función de los niveles de experimentación



Foto 12. Muestras después de la estufa



Foto 10. Agitación de la solución EDTA**Foto 13.** Agitación de la mezcla**Foto 11.** Muestras de la estufa**Foto 14.** Filtración del compuesto líquido**Foto 15.** Verificación de que no existiera contenido líquido en la muestra**Foto 18.** Análisis de la muestra**Foto 16.** Contenido líquido inicial de la muestra**Foto 19.** Medición del pH



Foto 17. Contenido líquido final de la muestra tratada



Foto 20. Envío de la muestra final del suelo al laboratorio QuímicaLabs

ANEXO 2



INFORME DE RESULTADOS

INF AQ 831

Cliente	KIMBERLY RAMIREZ	Lote	-----
Dirección	Manabí, Portoviejo, Los Jazmines manzana b Villa 39	Fecha Elaboración	-----
Muestreado por	El Cliente	Fecha Vencimiento	-----
Muestra de	Suelo	Fecha Recepción	08/02/2019
		Hora Recepción	14:03:00
		Fecha Análisis	08/02/2019
		Fecha Entrega	19/02/2019
		Código	-----

Color:	Característico
Olor	A gasolina
Estado	Sólido
Contenido Declarado:	800g
Material de Empaque:	-----

RESULTADOS AREA QUIMICA			
PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	METODO
Pb	mg/Kg	32.86	IAQ-194/APHA 3111-B MODIFICADO

LABORATORIO QUIMICALABS ACREDITACION Nº 046 (2013-07)

Nota: "Los ensayos marcados (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAI"



Ing. Leonidas Macparrán
DIRECTOR TÉCNICO

Los resultados reportados en el presente informe se refieren a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.

Dirección: Quito - Ecuador, Av. Los Toldos 045-105 y María Tiguilante.
Teléfono: 2402197-2402842-098739182
Web: www.quimicalabs.com

Página 1 de 1

Foto 1. Resultados de la concentración inicial de plomo en el suelo



INFORME DE RESULTADOS

INF AQ 894

Cliente	KIMBERLY MAGDIET RAMIREZ VINCES	Lote	-----
Dirección	Manabí, Portoviejo, Los Jazmines manzana b Villa 39	Fecha Elaboración	-----
Muestreado por	El Cliente	Fecha Vencimiento	-----
Muestra de	Suelo	Fecha Recepción	09/02/2019
		Hora Recepción	9:43:00
		Fecha Análisis	09/02/2019
		Fecha Entrega	15/03/2019
		Código	-----

Color:	Característico
Olor	A gasolina
Estado	Pastoso
Contenido Declarado:	800g
Material de Empaque:	Envase de plástico

RESULTADOS AREA QUIMICA			
PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	METODO
Pb	mg/Kg	15.37	IAQ-194/APHA 3111-B MODIFICADO

LABORATORIO QUIMICALABS ACREDITACION Nº 046 (2013-07)

Nota: "Los ensayos marcados (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAI"



Ing. Leonidas Macparrán
DIRECTOR TÉCNICO

Los resultados reportados en el presente informe se refieren a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.

Dirección: Quito - Ecuador, Av. Los Toldos 045-105 y María Tiguilante.
Teléfono: 2402197-2402842-098739182
Web: www.quimicalabs.com

Página 1 de 1

Foto 2. Resultados de la concentración de plomo en el suelo tratado T1R1



INFORME DE RESULTADOS

INF AQ 896

Cliente	KIMBERLY MAGDIET RAMIREZ VINCES	Lote	-----
Dirección	Manabí, Portoviejo, Los Jazmines manzana b Villa 39	Fecha Elaboración	-----
Muestreado por	El Cliente	Fecha Vencimiento	-----
Muestra de	Suelo	Fecha Recepción	09/02/2019
		Hora Recepción	9:43:00
		Fecha Análisis	09/02/2019
		Fecha Entrega	19/02/2019
		Código	-----

Color:	Característico
Olor	A gasolina
Estado	Sólido
Contenido Declarado:	800g
Material de Empaque:	Envase de plástico

RESULTADOS AREA QUIMICA			
PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	METODO
Pb	mg/Kg	14.41	IAQ-194/APHA 3111-B MODIFICADO

LABORATORIO QUIMICALABS ACREDITACION Nº 046 (2013-07)

Nota: "Los ensayos marcados (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAI"



Ing. Leonidas Macparrán
DIRECTOR TÉCNICO

Los resultados reportados en el presente informe se refieren a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.

Dirección: Quito - Ecuador, Av. Los Toldos 045-105 y María Tiguilante.
Teléfono: 2402197-2402842-098739182
Web: www.quimicalabs.com

Página 1 de 1

Foto 3. Resultados de la concentración inicial de plomo en el suelo tratado (T1R2)



INFORME DE RESULTADOS

INF AQ 891

Cliente	KIMBERLY RAMIREZ	Lote	-----
Dirección	Manabí, Portoviejo, Los Jazmines manzana b Villa 39	Fecha Elaboración	-----
Muestreado por	El Cliente	Fecha Vencimiento	-----
Muestra de	Suelo	Fecha Recepción	08/02/2019
		Hora Recepción	14:03:00
		Fecha Análisis	08/02/2019
		Fecha Entrega	19/02/2019
		Código	-----

Color:	Característico
Olor	A gasolina
Estado	Sólido
Contenido Declarado:	800g
Material de Empaque:	-----

RESULTADOS AREA QUIMICA			
PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	METODO
Pb	mg/Kg	32.86	IAQ-194/APHA 3111-B MODIFICADO

LABORATORIO QUIMICALABS ACREDITACION Nº 046 (2013-07)

Nota: "Los ensayos marcados (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAI"



Ing. Leonidas Macparrán
DIRECTOR TÉCNICO

Los resultados reportados en el presente informe se refieren a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.

Dirección: Quito - Ecuador, Av. Los Toldos 045-105 y María Tiguilante.
Teléfono: 2402197-2402842-098739182
Web: www.quimicalabs.com

Página 1 de 1

Foto 4. Resultados de la concentración inicial de plomo en el suelo tratado (T1R3)



INFORME DE RESULTADOS

INF AQ 894a

Cliente	KIMBERLY MAGDIET RAMIREZ VINCES	Lote	.....
Dirección	Manabí, Portoviejo, Los Jazmines manzana b Villa 39	Fecha Elaboración	.....
Muestrado por	El Cliente	Fecha Vencimiento	.....
Muestra de	Suelo	Fecha Recepción	09/02/2019
Descripción	T1R4 0.1 24h	Hora Recepción	9:45:00
		Fecha Análisis	09/02/2019
		Fecha Entrega	15/03/2019
		Código	.....

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS	
Color:	Característico
Olor:	A gasolina
Estado:	Pastoso
Contenido Declarado:	800g
Material de Empaque:	Envase de plástico

RESULTADOS AREA QUIMICA			
PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	METODO
Pb	mg/Kg	13.56	MQ-194/APHA 3111-B 3A/OT/CE/AN

LABORATORIO QUIMICA LABS CLARET S.A.S. ISO 17025

Nota: "Sin muestra marcada (*) se omite incluir en el alcance de la acreditación del SAT"



Ing. Leonidas Almaguer
DIRECTOR TECNICO

Los resultados reportados en el presente informe se refieren a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.

Dirección: Quito - Ecuador, Av. Juan Tarifa 045-140 y Alameda Tigulinas.
Teléfono: 2403107-2403242-098720182
Web: www.qlabs.com

Página: 1 de 1

Foto 5. Resultados de la concentración inicial de plomo en el suelo tratado (T1R4)



INFORME DE RESULTADOS

INF AQ 894a

Cliente	KIMBERLY MAGDIET RAMIREZ VINCES	Lote	.....
Dirección	Manabí, Portoviejo, Los Jazmines manzana b Villa 39	Fecha Elaboración	.....
Muestrado por	El Cliente	Fecha Vencimiento	.....
Muestra de	Suelo	Fecha Recepción	09/02/2019
Descripción	T2R1 0.1 48h	Hora Recepción	9:45:00
		Fecha Análisis	09/02/2019
		Fecha Entrega	15/03/2019
		Código	.....

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS	
Color:	Característico
Olor:	A gasolina
Estado:	Pastoso
Contenido Declarado:	800g
Material de Empaque:	Envase de plástico

RESULTADOS AREA QUIMICA			
PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	METODO
Pb	mg/Kg	15.76	MQ-194/APHA 3111-B 3A/OT/CE/AN

LABORATORIO QUIMICA LABS CLARET S.A.S. ISO 17025

Nota: "Sin muestra marcada (*) se omite incluir en el alcance de la acreditación del SAT"



Ing. Leonidas Almaguer
DIRECTOR TECNICO

Los resultados reportados en el presente informe se refieren a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.

Dirección: Quito - Ecuador, Av. Juan Tarifa 045-140 y Alameda Tigulinas.
Teléfono: 2403107-2403242-098720182
Web: www.qlabs.com

Página: 1 de 1

Foto 6. Resultados de la concentración inicial de plomo en el suelo tratado (T2R1)



INFORME DE RESULTADOS

INF AQ 894a

Cliente	KIMBERLY MAGDIET RAMIREZ VINCES	Lote	.....
Dirección	Manabí, Portoviejo, Los Jazmines manzana b Villa 39	Fecha Elaboración	.....
Muestrado por	El Cliente	Fecha Vencimiento	.....
Muestra de	Suelo	Fecha Recepción	09/02/2019
Descripción	T2R2 0.1 48h	Hora Recepción	9:45:00
		Fecha Análisis	09/02/2019
		Fecha Entrega	15/03/2019
		Código	.....

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS	
Color:	Característico
Olor:	A gasolina
Estado:	Pastoso
Contenido Declarado:	800g
Material de Empaque:	Envase de plástico

RESULTADOS AREA QUIMICA			
PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	METODO
Pb	mg/Kg	17.02	MQ-194/APHA 3111-B 3A/OT/CE/AN

LABORATORIO QUIMICA LABS CLARET S.A.S. ISO 17025

Nota: "Sin muestra marcada (*) se omite incluir en el alcance de la acreditación del SAT"



Ing. Leonidas Almaguer
DIRECTOR TECNICO

Los resultados reportados en el presente informe se refieren a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.

Dirección: Quito - Ecuador, Av. Juan Tarifa 045-140 y Alameda Tigulinas.
Teléfono: 2403107-2403242-098720182
Web: www.qlabs.com

Página: 1 de 1

Foto 7. Resultados de la concentración inicial de plomo en el suelo tratado (T2R2)



INFORME DE RESULTADOS

INF AQ 894a

Cliente	KIMBERLY MAGDIET RAMIREZ VINCES	Lote	.....
Dirección	Manabí, Portoviejo, Los Jazmines manzana b Villa 39	Fecha Elaboración	.....
Muestrado por	El Cliente	Fecha Vencimiento	.....
Muestra de	Suelo	Fecha Recepción	09/02/2019
Descripción	T2R3 0.1 48h	Hora Recepción	9:45:00
		Fecha Análisis	09/02/2019
		Fecha Entrega	15/03/2019
		Código	.....

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS	
Color:	Característico
Olor:	A gasolina
Estado:	Pastoso
Contenido Declarado:	800g
Material de Empaque:	Envase de plástico

RESULTADOS AREA QUIMICA			
PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	METODO
Pb	mg/Kg	17.16	MQ-194/APHA 3111-B 3A/OT/CE/AN

LABORATORIO QUIMICA LABS CLARET S.A.S. ISO 17025

Nota: "Sin muestra marcada (*) se omite incluir en el alcance de la acreditación del SAT"



Ing. Leonidas Almaguer
DIRECTOR TECNICO

Los resultados reportados en el presente informe se refieren a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.

Dirección: Quito - Ecuador, Av. Juan Tarifa 045-140 y Alameda Tigulinas.
Teléfono: 2403107-2403242-098720182
Web: www.qlabs.com

Página: 1 de 1

Foto 8. Resultados de la concentración inicial de plomo en el suelo tratado (T2R3)

Químicallabs *Clarete*
Laboratorios Químicos y Microbiológicos de Calidad

INFORME DE RESULTADOS INF AQ 894g

Cliente	KIMBERLY MAGUIET RAMIREZ VINCES	Lote	-----
Dirección	Manabí, Portoviejo, Los Jazmines manzana b Villa 39	Fecha Elaboración	-----
Muestrado por	El Cliente	Fecha Vencimiento	-----
Muestra de	Suelo	Fecha Recepción	09/02/2019
		Hora Recepción	9:45:00
		Fecha Análisis	09/02/2019
		Fecha Entrega	15/03/2019
		Código	-----

DESCRIPCIÓN		TZE4 0.1 48h
-------------	--	--------------

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS	
Color:	Característico
Olor:	A gasolina
Estado:	Pastoso
Contenido Declarado:	800g
Material de Empaque:	Envase de plástico

RESULTADOS ÁREA QUÍMICA			
PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	METODO
Ploomo	mg/Kg	15.08	MQ-194/AFHA 3111-B MODIFICADO

LABORATORIO QUÍMICO AGRIACREDITACION Nº 046 LON 18-057
Nota: Los campos marcados (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del IAF.


DIRECTOR TÉCNICO

Foto 9. Resultados de la concentración inicial de plomo en el suelo tratado (T2R4)

Químicallabs *Clarete*
Laboratorios Químicos y Microbiológicos de Calidad

INFORME DE RESULTADOS INF AQ 831

Cliente	KIMBERLY RAMIREZ	Lote	-----
Dirección	Manabí, Portoviejo, Los Jazmines manzana b Villa 39	Fecha Elaboración	-----
Muestrado por	El Cliente	Fecha Vencimiento	-----
Muestra de	Suelo	Fecha Recepción	08/02/2019
		Hora Recepción	14:05:00
		Fecha Análisis	08/02/2019
		Fecha Entrega	19/02/2019
		Código	-----

DESCRIPCIÓN		Suelo
-------------	--	-------

Color:	Característico
Olor:	A gasolina
Estado:	Sólido
Contenido Declarado:	500g
Material de Empaque:	-----

RESULTADOS ÁREA QUÍMICA			
PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	METODO
Ploomo	mg/Kg	52.86	MQ-194/AFHA 3111-B MODIFICADO

LABORATORIO QUÍMICO AGRIACREDITACION Nº 046 LON 18-057
Nota: Los campos marcados (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del IAF.


DIRECTOR TÉCNICO

Foto 10. Resultados de la concentración inicial de plomo en el suelo tratado (T3R1)

Químicallabs *Clarete*
Laboratorios Químicos y Microbiológicos de Calidad

INFORME DE RESULTADOS INF AQ 894g

Cliente	KIMBERLY MAGUIET RAMIREZ VINCES	Lote	-----
Dirección	Manabí, Portoviejo, Los Jazmines manzana b Villa 39	Fecha Elaboración	-----
Muestrado por	El Cliente	Fecha Vencimiento	-----
Muestra de	Suelo	Fecha Recepción	09/02/2019
		Hora Recepción	9:45:00
		Fecha Análisis	09/02/2019
		Fecha Entrega	15/03/2019
		Código	-----

DESCRIPCIÓN		TZE4 0.2 16h
-------------	--	--------------

Color:	Característico
Olor:	A gasolina
Estado:	Pastoso
Contenido Declarado:	800g
Material de Empaque:	Envase de plástico

RESULTADOS ÁREA QUÍMICA			
PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	METODO
Ploomo	mg/Kg	15.10	MQ-194/AFHA 3111-B MODIFICADO

LABORATORIO QUÍMICO AGRIACREDITACION Nº 046 LON 18-057
Nota: Los campos marcados (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del IAF.


DIRECTOR TÉCNICO

Foto 11. Resultados de la concentración inicial de plomo en el suelo tratado (T3R4)

Químicallabs *Clarete*
Laboratorios Químicos y Microbiológicos de Calidad

INFORME DE RESULTADOS INF AQ 894g

Cliente	KIMBERLY MAGUIET RAMIREZ VINCES	Lote	-----
Dirección	Manabí, Portoviejo, Los Jazmines manzana b Villa 39	Fecha Elaboración	-----
Muestrado por	El Cliente	Fecha Vencimiento	-----
Muestra de	Suelo	Fecha Recepción	09/02/2019
		Hora Recepción	9:45:00
		Fecha Análisis	09/02/2019
		Fecha Entrega	15/03/2019
		Código	-----

DESCRIPCIÓN		T4R10.2 48h
-------------	--	-------------

Color:	Característico
Olor:	A gasolina
Estado:	Pastoso
Contenido Declarado:	800g
Material de Empaque:	Envase de plástico

RESULTADOS ÁREA QUÍMICA			
PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	METODO
Ploomo	mg/Kg	15.08	MQ-194/AFHA 3111-B MODIFICADO

LABORATORIO QUÍMICO AGRIACREDITACION Nº 046 LON 18-057
Nota: Los campos marcados (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del IAF.


DIRECTOR TÉCNICO

Foto 12. Resultados de la concentración inicial de plomo en el suelo tratado (T4R1)

Química Labs Clareta
Laboratorios Químicos y Microbiológicos de Calidad

INFORME DE RESULTADOS INF AQ 894p

Cliente	KIMBERLY MAGDIET RAMIREZ VINCES	Lote	-----
Dirección	Manabí, Portoviejo, Los Jazmines manzana b Villa 39	Fecha Elaboración	-----
Muestrado por	El Cliente	Fecha Vencimiento	-----
Muestra de	Suelo	Fecha Recepción	09/02/2019
		Hora Recepción	9:45:00
Descripción	T3R4 0.2 1gh	Fecha Análisis	09/02/2019
		Fecha Entrega	15/03/2019
		Código	-----

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS	
Color	Característico
Olor	A gasolina
Estado	Pastoso
Contenido Declarado	800g
Material de Empaque	Envase de plástico

RESULTADOS ÁREA QUÍMICA			
PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	METODO
Plomo	mg/Kg	16.19	MQ-194(A)PIA 3111-B MODIFICADO

LABORATORIO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE CALIDAD INF AQ 894p

Nota: Los envases manuable (T) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAI.


Ing. Leonidas Moya
DIRECTOR TÉCNICO

Los resultados reportados en el presente informe se refieren a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.
Dirección: Quito, Ecuador. Av. Juan Pablo Curi, 103 y María Tugayana.
Teléfono: 2401317-2401342-098339482
Web: www.quimicalabs.com

Page 1 de 1

Foto 13. Resultados de la concentración inicial de plomo en el suelo tratado (T3R4)

Química Labs Clareta
Laboratorios Químicos y Microbiológicos de Calidad

INFORME DE RESULTADOS INF AQ 894s

Cliente	KIMBERLY MAGDIET RAMIREZ VINCES	Lote	-----
Dirección	Manabí, Portoviejo, Los Jazmines manzana b Villa 39	Fecha Elaboración	-----
Muestrado por	El Cliente	Fecha Vencimiento	-----
Muestra de	Suelo	Fecha Recepción	09/02/2019
		Hora Recepción	9:45:00
Descripción	T4R1 0.2 48h	Fecha Análisis	09/02/2019
		Fecha Entrega	15/03/2019
		Código	-----

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS	
Color	Característico
Olor	A gasolina
Estado	Pastoso
Contenido Declarado	800g
Material de Empaque	Envase de plástico

RESULTADOS ÁREA QUÍMICA			
PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	METODO
Plomo	mg/Kg	18.69	MQ-194(A)PIA 3111-B MODIFICADO

LABORATORIO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE CALIDAD INF AQ 894p

Nota: Los envases manuable (T) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAI.


Ing. Leonidas Moya
DIRECTOR TÉCNICO

Los resultados reportados en el presente informe se refieren a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.
Dirección: Quito, Ecuador. Av. Juan Pablo Curi, 103 y María Tugayana.
Teléfono: 2401317-2401342-098339482
Web: www.quimicalabs.com

Page 1 de 1

Foto 14. Resultados de la concentración inicial de plomo en el suelo tratado (T4R1)

Química Labs Clareta
Laboratorios Químicos y Microbiológicos de Calidad

INFORME DE RESULTADOS INF AQ 894i

Cliente	KIMBERLY MAGDIET RAMIREZ VINCES	Lote	-----
Dirección	Manabí, Portoviejo, Los Jazmines manzana b Villa 39	Fecha Elaboración	-----
Muestrado por	El Cliente	Fecha Vencimiento	-----
Muestra de	Suelo	Fecha Recepción	09/02/2019
		Hora Recepción	9:45:00
Descripción	T4R2 0.2 48h	Fecha Análisis	09/02/2019
		Fecha Entrega	15/03/2019
		Código	-----

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS	
Color	Característico
Olor	A gasolina
Estado	Pastoso
Contenido Declarado	800g
Material de Empaque	Envase de plástico

RESULTADOS ÁREA QUÍMICA			
PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	METODO
Plomo	mg/Kg	15.56	MQ-194(A)PIA 3111-B MODIFICADO

LABORATORIO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE CALIDAD INF AQ 894p

Nota: Los envases manuable (T) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAI.


Ing. Leonidas Moya
DIRECTOR TÉCNICO

Los resultados reportados en el presente informe se refieren a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.
Dirección: Quito, Ecuador. Av. Juan Pablo Curi, 103 y María Tugayana.
Teléfono: 2401317-2401342-098339482
Web: www.quimicalabs.com

Page 1 de 1

Foto 15. Resultados de la concentración inicial de plomo en el suelo tratado (T4R2)

Química Labs Clareta
Laboratorios Químicos y Microbiológicos de Calidad

INFORME DE RESULTADOS INF AQ 894j

Cliente	KIMBERLY MAGDIET RAMIREZ VINCES	Lote	-----
Dirección	Manabí, Portoviejo, Los Jazmines manzana b Villa 39	Fecha Elaboración	-----
Muestrado por	El Cliente	Fecha Vencimiento	-----
Muestra de	Suelo	Fecha Recepción	09/02/2019
		Hora Recepción	9:45:00
Descripción	T4R3 0.2 48h	Fecha Análisis	09/02/2019
		Fecha Entrega	15/03/2019
		Código	-----

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS	
Color	Característico
Olor	A gasolina
Estado	Pastoso
Contenido Declarado	800g
Material de Empaque	Envase de plástico

RESULTADOS ÁREA QUÍMICA			
PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	METODO
Plomo	mg/Kg	14.67	MQ-194(A)PIA 3111-B MODIFICADO

LABORATORIO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE CALIDAD INF AQ 894p

Nota: Los envases manuable (T) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAI.


Ing. Leonidas Moya
DIRECTOR TÉCNICO

Los resultados reportados en el presente informe se refieren a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.
Dirección: Quito, Ecuador. Av. Juan Pablo Curi, 103 y María Tugayana.
Teléfono: 2401317-2401342-098339482
Web: www.quimicalabs.com

Page 1 de 1

Foto 16. Resultados de la concentración inicial de plomo en el suelo tratado (T4R3)



INFORME DE RESULTADOS

INF AQ 894K

Cliente	KIMBERLY MAGDIET RAMIREZ VINCES	Lote	-----
Dirección	Manabí, Portoviejo, Los Jazmines manzana b Villa 39	Fecha Elaboración	-----
Muestreado por	El Cliente	Fecha Vencimiento	-----
Muestra de	Suelo	Fecha Recepción	09/02/2019
Descripción	T4R4 0.2 48h	Hora Recepción	9:43:00
		Fecha Análisis	09/02/2019
		Fecha Entrega	15/03/2019
		Código	-----

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS

Color:	Característico
Olor:	A gasolina
Estado:	Pastoso
Contenido Declarado:	800g
Material de Empaque:	Envase de plástico

RESULTADOS AREA QUÍMICA

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	METODO
* Plomo	mg/Kg	16.49	MQ-194/AFHA 3111-B MODIFICADO

LABORATORIO QUÍMICALABS ACREDITACIÓN Nº SAE LR 18-037

Nota: *Los ensayos marcados (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

Angélica Macquena
DIRECTOR TÉCNICO

Los resultados reportados en el presente informe se refieren a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.

Dirección: Quito - Ecuador - Av. Los Túllios C61-103 y María Tagliani.
Teléfono: 2401197-2401342-2401291382
Web: www.quimicalabs.com

Página 1 de 1

AQ 19.01
09/02/2019

Foto 17. Resultados de la concentración inicial de plomo en el suelo tratado (T4R4)

ANEXO 3

Foto 1. Tabla de Calidad de suelo (TULSMA, 2015).

Sustancia	Unidades (Concentración en Peso Seco)	USO DEL SUELO			
		Agrícola	Residencial	Comercial	Industrial
Flúor (total)	mg/kg	200	400	2000	2000
Mercurio (inorgánico)	mg/kg	0.8	2	10	10
Molibdeno	mg/kg	5	10	40	40
Níquel	mg/kg	50	100	100	100
Plata	mg/kg	20	20	40	40
Plomo	mg/kg	100	100	150	150
Selenio	mg/kg	2	3	10	10
Talio	mg/kg	1	1	1	1
Vanadio	mg/kg	130	130	130	130
Zinc	mg/kg	200	200	380	380
Parámetros orgánicos					
Aceites y Grasas	mg/kg	500	<2 500	<4 000	<4 000
Hidrocarburos					
Aromáticos					
Monocíclicos					
Benceno	mg/kg	0.05	0.5	5	5
Etilbenceno	mg/kg	0.1	1.2	20	20
Estireno	mg/kg	0.1	5	50	50
Tolueno	mg/kg	0.1	0.8	0.8	0.8
Xileno	mg/kg	0.1	1	17	20
Compuestos	mg/kg	-	-	-	-
Fenólicos					
Clorofenoles (cada uno)	mg/kg	0.05	0.5	5	5
Fenoles (total)	mg/kg	3.8	3.8	3.8	3.8
Hidrocarburos aromáticos policíclicos					
Benzo(a)antraceno	mg/kg	0.1	1	1	1
Benzo(a)pirenos	mg/kg	0.1	0.7	0.7	0.7

Foto 2. Eficiencia de los tratamientos en la remoción de plomo.

Combinaciones Tratamientos	Unidades experimentales	Nivel de plomo post tratamiento	Eficiencia
0,1%EDTA-24h	T1R1	15,37	53,23
	T1R2	14,41	56,15
	T1R3	16,31	50,37
	T1R4	15,36	22'22
	PROMEDIO	15,36	53,25
	0,1%EDTA-48h	T2R1	15,76	52,04
T2R2	17,02	48,20	
T2R3	17,16	47,78	
T2R4	15,08	54,11	
PROMEDIO	16,255	50,53	
0,2%EDTA-24h	T3R1	13,01	60,41
	T3R2	17,34	47,23
	T3R3	21,49	34,60
	T3R4	16,19	50,73
	PROMEDIO	17,01	48,24
0,2%EDTA-48h	T4R1	18,69	43,12
	T4R2	15,56	52,65
	T4R3	14,67	55,36
	T4R4	16,49	49,82
	PROMEDIO	16,35	50,24