



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

Proyecto de Investigación previo
a la obtención del título de
Ingeniera en Gestión Ambiental.

Proyecto de Investigación:

“ACUMULACIÓN DE METALES PESADOS EN SUELOS AGRÍCOLAS CON
CULTIVO DE BANANO EN EL SECTOR EL MORAL, RECINTO SANTACRUZ,
CANTÓN LA MANÁ, PROVINCIA DE COTOPAXI”

Autores:

Medina Ruíz Génesis Katherine

Mora Macías Karina Ángela

Director de Proyecto de Investigación:

Ing. Julio César Pazmiño Rodríguez MSc.

Quevedo – Los Ríos - Ecuador

2017

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Nosotras, **Génesis Katherine Medina Ruíz y Karina Angela Mora Macías**, declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

f. _____

Génesis Katherine Medina Ruíz

f. _____

Karina Angela Mora Macías

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, Ing. Julio Pazmiño Rodríguez MSc., Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que las estudiantes Srta. Génesis Katherine Medina Ruíz y Srta. Karina Angela Mora Macías, realizaron el Proyecto de Investigación de grado titulado “Acumulación de metales pesados en suelos agrícolas con cultivo de banano en el Sector El Moral, Recinto Santacruz, Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi”, previo a la obtención del título de Ingeniero/a en Gestión Ambiental, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

.....

Ing. Julio César Pazmiño Rodríguez MSc.

DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Acumulación de metales pesados en suelos agrícolas con cultivo de banano en el Sector El Moral, Recinto Santacruz, Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi”, presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero en Gestión Ambiental.

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Ing. Francisca Contreras M. MgSc

INTEGRANTE DEL TRIBUNAL DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Ing. Mariela Díaz Ponce MSc.

INTEGRANTE DEL TRIBUNAL DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Ing. Carolina Tay-Hing Cajas MSc.

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2017

AGRADECIMIENTO

Las autoras de esta investigación dejamos constancia el más profundo reconocimiento a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, a la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental, institución que nos acogió y nos brindó una formación profesional.

Destacamos nuestra gratitud eterna a nuestro Director de Proyecto de Investigación Ing. Julio César Pazmiño Rodríguez MSc. por su visión crítica de muchos aspectos cotidianos de la vida, por su rectitud en su profesión como docente, y su ayuda incondicional para lograr el desarrollo del proyecto.

Agradecemos a quienes forman parte de la Hacienda Ignolia, principalmente al propietario el Ing. Hernán Canchignia, por permitir el ingreso y poder realizar esta investigación, también al administrador Ing. Manuel Salazar por su guía, paciencia y enseñanza, y por toda la información brindada a lo largo del desarrollo del proyecto.

A nuestros amigos con quienes compartimos muchos momentos tanto académicos como momentos de vida, de amistad, gracias por siempre brindarnos su apoyo y por estar presentes en esta etapa de nuestras vidas.

Las autoras

DEDICATORIA

A Dios por permitirme llegar a esta meta. A mis padres Jorge Medina y Glenda Ruíz les agradezco infinitamente por motivarme e impulsarme a estudiar y no rendirme a pesar de los obstáculos que se presentan en el camino, por inculcarme buenos valores y por sus sabios consejos que me ayudan a ser una mejor persona día a día.

A mis hermanos por ser una parte esencial en mi vida. A Marco por brindarme su ayuda profesional siempre que necesite de él. A Stefanie por siempre estar conmigo en las buenas y en las malas y por darme la mejor bendición que se le puede dar a una hermana mi sobrinito Mikhail que es quien llena mi vida de momentos felices. Y a Jorgito por siempre estar dispuesto a extenderme su mano y por compartir momentos únicos a mi lado.

A mis tías y tíos que siempre estuvieron apoyándome en todo lo que estuvo a su alcance, a mis abuelos Paula Y segundo y a mi abuelito paterno Jorge Medina que aunque no esté físicamente conmigo sé que siempre estas a mi lado cuidándome ☺

¡Gracias a ustedes!

Génesis Medina

A DIOS porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, A mis PADRES Sr. Carlos Mora y Sra. Angela Macías pilares fundamentales en mi vida, con mucho amor y cariño les dedico todo mi esfuerzo, en reconocimiento a todo el sacrificio puesto para que yo pueda estudiar, por inculcarme a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos, se merecen esto y mucho más.

A mis hermanos Mayra, Karla, Carlos, Mariuxi, Ronald por brindarme su apoyo incondicional aportando cosas buenas a mi vida, por los grandes lotes de felicidad y de diversas emociones que siempre me han causado y sobre todo por demostrarme que siempre podre contar con ustedes, son los mejores.

♥ ¡Todo este trabajo ha sido posible gracias a ustedes! ♥

Karina Mora

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de investigación titulado “Acumulación de metales pesados en suelo agrícola con cultivo de banano en el sector El Moral, Recinto Santacruz, Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi”, realizado desde el mes de noviembre del 2016 hasta enero del 2017, el cual trata sobre la contaminación del suelo por metales pesados por el uso de fertilizantes y plaguicidas que contienen cloro, fosfatos y carbamatos, en la Hacienda Ignolia. El objetivo principal es estimar la acumulación de metales pesados en suelos agrícolas con cultivos de banano. Para determinar el nivel de contaminación se realizó un muestreo el cual contó con 7 puntos de referencia a dos profundidades, la primera de 0-20cm y la segunda de 20-40cm. Se realizaron análisis físicos (textura, MO, CE y humedad), los cuales se realizaron en el Laboratorio de Agua y Suelos de la UTEQ y los químicos (cadmio, cromo y plomo) en el Laboratorio Acreditado “Grupo Químico Marcos S.A.”, a excepción del pH el cual se analizó en el Laboratorio de la UTEQ.

Se entrevistó al propietario de la hacienda y al administrador y se recorrió por la hacienda identificando el manejo de la plantación, también se ejecutaron visitas consecutivas los días en que se realizaba el corte del banano obteniendo información sobre los pasos que se lleva para la ejecución de la producción, y también para obtener información sobre los tipos de fertilizantes y plaguicidas utilizados, la frecuencia de administración y las dosis que se emplean por hectárea.

Para determinar si había diferencias significativas en los niveles de cadmio, cromo y plomos se aplicaron métodos estadísticos como análisis de la varianza (ADEVA), obteniendo como resultado niveles de cadmio elevados y para determinar si había influencia en alguno de los parámetros físicos y químicos sobre la acumulación de cadmio en el suelo se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson determinándose que el pH es el único que interacciona con los metales pesados.

Basándose en los resultados que se obtuvo se propone ejecutar el plan de biorremediación de suelos contaminados por cadmio, debido a que este es el metal pesado que se encuentra superior a los límites máximos permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097, Anexo II, Tabla 1.

ABSTRACT

This research project entitled "Accumulation of heavy metals in agricultural land with banana cultivation in El Moral, Recinto Santacruz, Cantón La Maná, Cotopaxi Province", carried out from November 2016 to January 2017, Which deals with soil contamination by heavy metals from the use of fertilizers and pesticides containing chlorine, phosphates and carbamates, at the Ignolia Farm. The main objective is to estimate the accumulation of heavy metals in agricultural soils with banana crops. To determine the level of contamination, a sampling was performed which had 7 reference points at two depths, the first of 0-20cm and the second of 20-40cm. Physical analyzes (texture, MO, CE and humidity) were carried out at the Laboratory of Water and Soils of the UTEQ and the chemicals (cadmium, chromium and lead) at the Accredited Laboratory "Grupo Químico Marcos SA", at Exception of the pH which was analyzed in the Laboratory of the UTEQ.

The owner of the hacienda and the administrator were interviewed and visited the hacienda, identifying the management of the plantation, consecutive visits were also carried out on the days when the banana was cut, obtaining information on the steps taken for the execution of Production, and also to obtain information on the types of fertilizers and pesticides used, the frequency of administration and the doses used per hectare.

To determine if there were significant differences in cadmium, chromium and lead levels, statistical methods such as variance analysis (ADEVA) were applied, resulting in elevated cadmium levels and to determine if there was influence on any of the physical and chemical parameters on The accumulation of cadmium in the soil was applied the Pearson correlation coefficient determined that the pH is the only one that interacts with heavy metals.

Based on the results obtained, it is proposed to implement the bioremediation plan for cadmium-contaminated soils, since this is the heavy metal that exceeds the maximum permissible limits established in Ministerial Agreement 097, Annex II, Table 1.

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo 1 CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1. Problema de investigación.....	2
1.1.1. Planteamiento del problema	2
Diagnóstico.....	2
Pronóstico	3
1.1.2. Formulación del problema.....	3
1.1.3. Sistematización del problema.....	3
1.2. Objetivos.....	4
1.2.1. Objetivo General.....	4
1.2.2. Objetivos Específicos	4
1.3. Justificación	5
Capítulo 2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
2.1. Marco conceptual	7
2.1.1. Agroquímicos	7
2.1.1.1 Fertilizantes	7
2.1.1.2 Plaguicidas	7
2.1.2. Metales Pesados.....	8
2.1.3. Banano	8
2.1.4. Normativa Ambiental del Ecuador	8
2.1.5. Cultivo de banano.....	8

2.1.5.1	Exigencias del cultivo	8
2.1.5.2	Abonado	9
2.1.5.3	Plagas y enfermedades	11
2.1.5.3.1.	Plagas	11
2.1.5.3.2.	Enfermedades.....	12
2.1.6.	Fertilizantes	13
2.1.6.1	Minerales o químicos	13
2.1.6.2	Orgánicos	13
2.1.6.3	Orgánicos simples	13
2.1.6.4	Orgánicos compuestos.....	14
2.1.6.5	Inorgánicos.....	14
2.1.7.	Plaguicidas.....	14
2.1.7.1	Clasificación de los plaguicidas	14
2.1.7.2	Según su actividad biológica.....	14
2.1.7.3	Según su naturaleza química.....	14
2.1.7.4	Dinámica de los plaguicidas en el suelo.....	15
2.1.7.5	Procesos de acumulación	17
2.1.7.6	Procesos de transporte	18
2.1.7.6.1.	Difusión.....	18
2.1.7.6.2.	Lixiviación	18
2.1.7.6.3.	Volatilización.....	18

2.1.7.7	Propiedades de los plaguicidas.....	19
2.1.7.8	Proceso de transporte de plaguicidas en el suelo	19
2.1.7.9	Plaguicidas orgánicos más importantes.....	20
2.1.7.9.1.	Plaguicidas organoclorados (Derivados Halogenados)	20
2.1.7.9.2.	Plaguicidas organofosforados	21
2.1.7.9.3.	Plaguicidas Carbamatos	21
2.1.7.9.4.	Plaguicidas piretroides	21
2.1.7.10	Factores que regulan la dinámica de los plaguicidas en el suelo	22
2.1.7.10.1.	Volatilidad y presión de vapor	22
2.1.7.10.2.	Capacidad de adsorción y coeficiente de distribución	22
2.1.7.10.3.	Solubilidad y coeficiente de reparto octanol-agua.....	22
2.1.7.10.4.	Cantidad de materia orgánica.....	23
2.1.7.10.5.	pH.....	24
2.1.7.10.6.	Contenido de arcillas.....	24
2.1.8.	Propiedades del Suelo.....	25
2.1.8.1	Color.....	25
2.1.8.2	Textura	25
2.1.8.3	Estructura	26
2.1.8.4	Porosidad.....	27
2.1.8.5	Humedad	27
2.1.8.6	Materia Orgánica.....	27

2.1.8.7	Potencial de Hidrógeno (pH).....	28
2.1.8.8	Conductividad Eléctrica	28
2.1.9.	Metales pesados.....	28
2.1.9.1	Metales pesados y su bioacumulación	28
2.1.9.2	Disponibilidad de los metales pesados en el suelo.....	29
2.1.9.3	Movilización de metales pesados	29
2.1.9.4	Comportamiento ambiental de los metales pesados.....	30
2.1.9.5	Dinámica y destino de los metales pesados	30
2.1.9.5.1.	Cadmio.....	30
2.1.9.5.2.	Cromo	31
2.1.9.5.3.	Plomo	32
2.1.10.	Técnicas de biorremediación de suelos.....	32
2.1.10.1	Tratamiento In Situ.....	32
2.1.10.1.1.	Bioaumentación	32
2.1.10.1.2.	Biolabranza	33
2.1.10.1.3.	Fitorremediación.....	33
2.1.10.2	Tratamientos ex situ	35
2.1.10.2.1.	Tratamiento en lechos (Landfarming)	35
2.1.10.2.2.	Tratamiento en compostaje	35
2.1.10.3	Tratamiento fisicoquímico	36
2.1.10.3.1.	Electrobiorremediación.....	36

2.2.	Marco Referencial	37
2.3.	Marco legal	39
2.3.1.	Constitución de la República del Ecuador [42]	39
2.3.2.	Ley de prevención y control de la contaminación ambiental [43]	39
2.3.3.	Acuerdo ministerial 061 [44].....	40
2.3.4.	Acuerdo ministerial 097 A [11].....	41
2.3.4.1	Suelos contaminados	41
2.3.4.2	Caracterización inicial del suelo	42
2.3.4.3	Criterios de calidad del suelo	43
2.3.4.4	Criterios de remediación del suelo	43
Capítulo 3 ..	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	47
3.1.	Localización.....	48
3.1.1.	Antecedentes del cantón La Maná	48
3.2.	Tipo de investigación.....	50
3.3.	Métodos de investigación	50
3.3.1.	Método Inductivo	50
3.3.2.	Método Analítico.....	50
3.4.	Fuentes de recopilación de información	50
3.4.1.	Fuentes primarias.....	50
3.4.2.	Fuentes secundarias	51
3.5.	Diseño de la investigación.....	51

3.5.1. Identificación de las fuentes de contaminación por metales pesados en las plantaciones de banano	51
3.5.2. Caracterización de las propiedades físicas y químicas de los suelos dedicados al cultivo de banano.....	51
3.5.2.1 Descripción del muestreo	51
3.5.2.2 Análisis de laboratorio	52
3.5.2.2.1. Preparación de la muestra	52
3.5.2.2.2. Humedad.....	52
3.5.2.2.3. Materia orgánica	53
3.5.2.2.4. pH.....	54
3.5.2.2.5. Conductividad Eléctrica.....	55
3.5.2.2.6. Textura	56
3.5.3. Determinación de la acumulación de metales pesados como cadmio (Cd), cromo (Cr) y plomo (Pb), de los suelos agrícolas	56
3.5.4. Propuesta de un plan de biorremediación de suelos contaminados por metales pesados	57
3.6. Instrumentos de investigación	57
3.7. Tratamiento de los datos.....	57
3.8. Recursos humanos y materiales.....	58
Capítulo 4 ..RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	59
4.1. Resultados.....	60
4.1.1. Proceso de producción del banano	60

4.1.2.	Fuentes de contaminación	61
4.1.2.1	Otras fuentes de contaminación	63
4.1.3.	Parámetros físicos y químicos	64
4.1.3.1	Análisis químico.....	64
4.1.3.2	Análisis físico.....	65
4.1.4.	Análisis estadístico	66
4.1.4.1	Análisis de varianza	66
4.1.4.2	Correlación de Pearson.....	67
4.1.5.	Propuesta de un plan de biorremediación de suelos contaminados por cadmio	68
4.2.	Discusión	71
Capítulo 5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
5.1.	Conclusiones.....	74
5.2.	Recomendaciones	75
Capítulo 6	BIBLIOGRAFÍA.....	76
Capítulo 7	ANEXOS.....	84
7.1.	Preguntas de entrevista al propietario y administrador de la Hacienda Ignolia ..	85
7.2.	Plano de la Hacienda Ignolia	86
7.3.	Proceso de producción del banano	87
7.4.	Informe del laboratorio de Suelos (Escaneado).....	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterios de Calidad de Suelo	44
Tabla 2. Criterios de Remediación	45
Tabla 3. Estándares nacionales de Cadmio, Cromo y Plomo	56
Tabla 4. Matriz estructural para el plan de biorremediación	57
Tabla 5. Recursos humanos y materiales.....	58
Tabla 6. Principales contaminantes del suelo en la Hacienda Ignolia	61
Tabla 7. Caracterización química del suelo	64
Tabla 8. Caracterización física del suelo	65
Tabla 9. Análisis estadístico del cadmio	66
Tabla 10. Análisis estadístico del cromo	66
Tabla 11. Análisis estadístico del plomo	66
Tabla 12. Correlación de Pearson 0-20cm.....	67
Tabla 13. Correlación de Pearson 20-40cm.....	67
Tabla 14. Matriz estructural del plan de biorremediación.....	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de los plaguicidas según su toxicidad	15
Figura 2. Dinámica de los plaguicidas en el suelo	16
Figura 3. Clasificación de las texturas del suelo (FAO; USDA).....	26
Figura 4. Dinámica de los metales pesados en el suelo.....	30
Figura 5. Cantón La Maná, ubicación de la Hacienda Ignolia y puntos de muestreo	49
Figura 6. Diagrama de flujo del proceso productivo del banano.....	60

Código Dublín

Título	“Acumulación de Metales Pesados en suelos agrícolas con cultivo de Banano en el Sector El Moral, Recinto Santacruz, Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi”		
Autores	Medina Ruíz Génesis Katherine Mora Macías Karina Ángela		
Palabras claves:	Metales pesados	Suelos agrícolas	Biorremediación
	Banano	Agroquímicos	Contaminación
Fecha de publicación	Mayo 2017		
Editorial	UTEQ		
Resumen	Resumen: El presente proyecto de investigación titulado “Acumulación de metales pesados en suelo agrícola con cultivo de banano en el sector El Moral, Recinto Santacruz, Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi”, realizado desde el mes de noviembre del 2016 hasta enero del 2017, el cual trata sobre la contaminación del suelo por metales pesados por el uso de fertilizantes y plaguicidas que contienen cloro, fosfatos y carbamatos, en la Hacienda Ignolia. El objetivo principal es estimar la acumulación de metales pesados en suelos agrícolas con cultivos de banano. Para determinar el nivel de contaminación se realizó un muestreo el cual contó con 7 puntos de referencia a dos profundidades, la primera de 0-20cm y la segunda de 20-40cm. Se realizaron análisis físicos (textura, MO, CE y humedad), los cuales se realizaron en el Laboratorio de Agua y Suelos de la UTEQ y los químicos (cadmio, cromo y plomo) en el Laboratorio Acreditado “Grupo Químico Marcos S.A.”, a excepción del pH el cual se analizó en el Laboratorio de la UTEQ. Se entrevistó al propietario de la hacienda y al administrador y se recorrió por la hacienda identificando el manejo de la plantación, también se ejecutaron visitas consecutivas los días en que se realizaba el corte del banano obteniendo información sobre los pasos que se lleva para la ejecución de la producción, y también para obtener información sobre los tipos de fertilizantes y plaguicidas utilizados, la frecuencia de administración y las dosis que se emplean por hectárea. Para determinar si había diferencias significativas en los niveles de cadmio, cromo y plomos se aplicaron métodos estadísticos como análisis de la varianza (ADEVA), obteniendo como resultado niveles de cadmio elevados y para determinar si había influencia en alguno de los parámetros físicos y químicos sobre la acumulación de cadmio en el suelo se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson determinándose que el pH es el único que interacciona con los metales pesados. Basándose en los resultados que se obtuvo se propone ejecutar el plan de biorremediación de suelos contaminados por cadmio, debido a que este es el metal pesado que se encuentra superior a los límites máximos permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097, Anexo II, Tabla 1. Abstract.- This research project entitled "Accumulation of heavy metals in agricultural land with banana cultivation in El Moral, Recinto Santacruz, Cantón La Maná, Cotopaxi Province", carried out from November 2016 to January 2017, Which deals with soil contamination by heavy metals from the use of fertilizers and pesticides containing chlorine, phosphates and carbamates, at the Ignolia Farm. The main objective is to estimate the accumulation of heavy metals in agricultural soils with banana crops. To determine the level of contamination, a sampling was performed which had 7 reference points at two depths, the first of 0-20cm and the second of 20-40cm. Physical analyzes (texture, MO, CE and humidity) were carried out at the Laboratory of Water and Soils of the UTEQ and the chemicals (cadmium, chromium and lead) at the Accredited Laboratory "Grupo Químico Marcos SA", at Exception of the pH which was analyzed in the Laboratory of the UTEQ. The owner of the hacienda and the administrator were interviewed and visited the		

	hacienda, identifying the management of the plantation, consecutive visits were also carried out on the days when the banana was cut, obtaining information on the steps taken for the execution of Production, and also to obtain information on the types of fertilizers and pesticides used, the frequency of administration and the doses used per hectare. To determine if there were significant differences in cadmium, chromium and lead levels, statistical methods such as variance analysis (ADEVA) were applied, resulting in elevated cadmium levels and to determine if there was influence on any of the physical and chemical parameters on The accumulation of cadmium in the soil was applied the Pearson correlation coefficient determined that the pH is the only one that interacts with heavy metals. Based on the results obtained, it is proposed to implement the bioremediation plan for cadmium-contaminated soils, since this is the heavy metal that exceeds the maximum permissible limits established in Ministerial Agreement 097, Annex II, Table 1.
Descripción	125 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD – ROM
URI:	(en blanco hasta cuando se dispongan los repositorios)

Introducción

El Ecuador es un país eminentemente agrícola, siendo las exportaciones de sus productos una fuente importante de recursos económicos ya que tienen amplia acogida en el mercado internacional [1]. El banano (*Mussa sapientum*) es uno de los principales productos de exportación en el mundo, en el Ecuador el área bananera alcanza las 180,333 hectáreas, las mismas que están distribuidas mayormente en las provincias de Los Ríos, Guayas, El Oro y Esmeraldas y menormente en las provincias de Pichincha, Azuay, Bolívar, Cotopaxi, entre otras, (según el Reporte estadístico del Sector Agropecuario de Agosto del 2011 realizado por el INEC) [2].

La provincia de Cotopaxi, cuenta con una superficie de labor agrícola de 283,135 ha, entre los cultivos más prominentes está el banano con 4.974 ha de la superficie sembrada y con una producción de 111 958 TM, lo que indica la gran importancia de los mismos en el desarrollo nacional [2].

Las propiedades y características de los suelos agrícolas y las condiciones ambientales preponderantes en el medio afectan las propiedades fisicoquímicas de las sustancias almacenadas y condicionan su capacidad amortiguadora hasta un punto tal que llegan a comportarse como sustancias tóxicas o contaminantes. El interés ambiental por los metales pesados en suelos agrícolas está relacionado con su carácter acumulativo, con su biodegradabilidad, su capacidad de inadvertida acumulación en el perfil del suelo hasta concentraciones tóxicas y su interacción con diferentes propiedades del suelo que determinan su acumulación, movilidad y biodisponibilidad hacia otros componentes del ecosistema [3].

La contaminación por metales pesados en el suelo puede llegar a persistir cientos y miles de años, aun después de que su incorporación se haya detenido. En el caso de metales como el cadmio (Cd), cromo (Cr) y plomo (Pb), pueden llegar a tener una vida media en el suelo de 15 a 1100, 310 a 1.500 y 740 a 5.900 años, respectivamente, y sus concentraciones están influenciadas por el tipo de suelo y la movilidad relativa en función de las características fisicoquímicas el clima y la topografía [4].

Capítulo 1
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

Estudios realizados han demostrado que los elementos como: cadmio (Cd), cromo (Cr) y plomo (Pb), en cantidades elevadas en los alimentos son considerados tóxicos y pueden causar mareos, vómitos, enfermedades renales y hepáticas e incluso tienen efectos teratógenos (alteraciones fetales). Los metales pesados se han convertido en un tema actual de discusión tanto en el campo ambiental como en salud pública, ya que los daños que causan son muy severos y en ocasiones ausentes de síntomas [5].

En la provincia de Cotopaxi, en el cantón La Maná, existen haciendas bananeras, lo cual implica un sinnúmero de actividades para la producción de su fruta, siendo uno de los principales el uso de plaguicidas, de los cuales muchos no cumplen con la normativa establecida en el Acuerdo Ministerial 097-A del 30 de Julio del año 2015, y su uso indiscriminado podría estar causando graves problemas de contaminación ambiental y afectación a la salud. Esta situación está detrás del deterioro de la calidad de los suelos, debido a la acumulación de metales pesados y las filtraciones de los mismos, afectando las aguas subterráneas y los pozos profundos.

¿Los niveles de cadmio (Cd), cromo (Cr) y plomo (Pb), en los suelos de las plantaciones de banano se encuentran dentro de los límites permisibles?

Diagnóstico

El uso de agroquímicos es fundamental para el cuidado, crecimiento y producción de la planta, el suelo esta propenso a recibir elementos químicos que se derivan de estos productos por esta razón es que se presenta contaminación del suelo por estos metales pesados como son el cadmio, plomo, cromo, entre otros. La contaminación de los suelos agrícolas es causada principalmente por el uso inadecuado de plaguicidas los cuales liberan plomo y cadmio principalmente, también la utilización de aguas de calidad inadecuada para uso agrícola causa contaminación, debido a que el agua que utilizan en esta hacienda bananera para el riego de la plantación es proveniente de minas.

Pronóstico

Si el propietario de la hacienda bananera no toma las medidas necesarias y el problema de contaminación por metales pesados persiste, afectará no solo al suelo sino también a los microorganismos, provocando una perturbación al suelo, pérdida de calidad, es decir, disminuye su rendimiento, reduce la fertilidad, afecta el ciclo biogeoquímico y su funcionamiento, también afecta el rendimiento de las cosechas, el crecimiento del cultivo, al producto y a la salud humana, provocando una intoxicación al organismo del cual se desatan un sin número de enfermedades y malformaciones.

1.1.2. Formulación del problema

¿Existe acumulación de metales pesados tales como cadmio, cromo y plomo, en los suelos destinados al cultivo de Banano en la Hacienda Ignolia?

1.1.3. Sistematización del problema

¿Cuáles son las fuentes de contaminación de los suelos agrícolas en el sector El Moral, cantón La Maná?

¿Qué medidas se deben tomar para reducir el grado de contaminación de los suelos por metales pesados como el Cd, Cr y Pb, específicamente?

¿Cuál es el metal que se encuentra en mayor concentración en cultivos de banano?

¿Qué acciones de biorremediación podrían implementarse para recuperar los suelos en caso de acumulación de metales pesados?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Estimar la acumulación de metales pesados en suelo agrícola con cultivo de banano.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar las fuentes de contaminación por metales pesados en la plantación de banano;
- Caracterizar las propiedades físicas y químicas del suelo dedicado al cultivo de banano;
- Determinar la acumulación de metales pesados como cadmio (Cd), cromo (Cr) y plomo (Pb), del suelo agrícola;
- Proponer un Plan de Biorremediación de suelos contaminados;

1.3. Justificación

El manejo de agroquímicos y su aplicación en la agricultura en la actualidad es uno de los mayores problemas ambientales en todo el mundo. El crecimiento de la población demanda a una mayor producción de alimentos, contribuyendo a intensificar la producción y el uso de sustancias químicas para el control de plagas en los cultivos agrícolas.

En el cultivo de banano, el uso de plaguicidas y fertilizantes es esencial en todo el ciclo vegetativo de la planta, de modo que el suelo se encuentra en constante exposición a impactos negativos, principalmente la contaminación con altos niveles de metales pesados. En este contenido, el cadmio, cromo y plomo aparecen como los metales pesados que comúnmente se hallan en concentraciones tóxicas en suelos dedicados a cultivos según el método de agricultura tradicional. Debido a esto se produce alteraciones en el medio edáfico, se afecta a la plantación y se arriesga la salud de los trabajadores y habitantes aledaños.

En la provincia de Cotopaxi existen pocos estudios para determinar los niveles de metales pesados y sus afectaciones. Por esto, se propone un plan de biorremediación de suelos contaminado por cadmio el cual contribuirá a prevenir, mitigar y eliminar los impactos ambientales negativos, en la Hacienda Ignolia.

Capítulo 2
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA
INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Agroquímicos

2.1.1.1 Fertilizantes

Un fertilizante es cualquier material natural o industrializado, que contenga al menos cinco por ciento de uno o más de los tres nutrientes primarios (N, P_2O_5 , K_2O), puede ser llamado fertilizante [6].

2.1.1.2 Plaguicidas

Los plaguicidas o agroquímicos son sustancias químicas o mezclas de sustancias, destinadas a matar, repeler, atraer, regular o interrumpir el crecimiento de seres vivos considerados plagas [7].

Dentro de la denominación plaga se incluyen insectos, hierbas, pájaros, mamíferos, moluscos, peces, nematodos o microbios que compiten con los humanos para conseguir alimento, destruyen la propiedad, propagan enfermedades o son vectores de estas, causando molestias. Los plaguicidas no son necesariamente venenos, pero pueden ser tóxicos para los humanos u otros animales. De acuerdo con la Convención de Estocolmo en Contaminantes Orgánicos Persistentes, 10 de 12 de los más peligrosos y persistentes compuestos son plaguicidas [7].

Durante los años 1980, la aplicación masiva de plaguicidas fue considerada, generalmente, como una revolución de la agricultura. Eran relativamente económicos y altamente efectivos. Su aplicación llegó a ser una práctica común como medida preventiva aun sin ningún ataque visible. Desde entonces, la experiencia ha demostrado que este método no solo perjudica el medio ambiente, sino que a la larga es también ineficaz. Donde se han utilizado los plaguicidas de manera indiscriminada, las especies de las plagas se han vuelto resistentes y difíciles o imposibles de controlar [7].

2.1.2. Metales Pesados

Son elementos naturales de todo tipo de suelo, sin embargo cuando su concentración supera ciertos límites, ejercen efectos tóxicos sobre los microorganismos y plantas impidiendo su normal metabolismo. Los metales pesados en cantidades tóxicas son introducidas en los suelos por las actividades humanas (actividades industriales, mineras y agroquímicas) así como de forma natural [8].

2.1.3. Banano

El banano pertenece al orden Zingiberales, familia Musaceae y género Musa [9]. Su altura es de 2.1 a 3.4m, el pseudotallo es de color amarillo-verde e internamente de coloración rojiza y presenta manchas negras y castañas en diferentes porciones, las hojas son de color verde amarillo o pálido verdoso, el racimo tiene forma más o menos cilíndrica con frutos grandes, curvo, de pulpa dulce cascara delgada susceptible al maltrato y de lenta maduración, el raquis en algunos casos presenta una pequeña curvatura cerca de la flor masculina, las brácteas son de color púrpura por fuera, rojo con amarillo limón pálido por dentro, se enrolla hacia arriba, el ciclo vegetativo es de 8.2 a 9.5 meses. Susceptible a la Sigatoka negra y al Moko, así como al nematodo barrenador [10].

2.1.4. Normativa Ambiental del Ecuador

La normativa ambiental nacional relativa a la reforma del Libro VI del texto unificado Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULSMA) define al suelo como "La capa superior de la corteza terrestre, situada entre el lecho rocoso y la superficie, compuesto por partículas minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos y que constituye la interfaz entre la tierra, el aire y el agua, lo que le confiere capacidad de desempeñar tanto funciones naturales como de uso" [11].

2.1.5. Cultivo de banano

2.1.5.1 Exigencias del cultivo

En un terreno para cultivo de banano debe tomarse en cuenta lo siguiente: Clima, suelo, vías de comunicación que posee, condiciones de las vías, la facilidad de obtener y

transportar agua de riego, la topografía Y otros factores que podrían desfavorecer la producción de fruta como son la textura del suelo que debe ser: franco arenosa, franco arcillosa, franco arcilloso limoso o franco limoso. Debe ser un suelo altamente fértil, con un pH ideal de 6,5 (neutro). La topografía preferentemente utilizar suelos planos que faciliten la implementación de infraestructura y la salinidad, el banano es muy sensible a la salinidad, la conductividad eléctrica no debe superar 1 dS/m [12].

El clima ideal es el tropical húmedo, la temperatura adecuada va desde los 18.5°C a 35.5°C. A temperaturas inferiores de 15.5°C se retarda el crecimiento mientras que con temperaturas de 40°C se presenta stress, siempre y cuando la provisión de agua no sea normal. La pluviosidad La cantidad mínima de lluvia necesaria en la zona es de 120mm mensual o precipitaciones de 44mm semanales. En el Litoral Ecuatoriano es necesario realizar el riego porque tiene definido sus estaciones lluviosa y seca. Luminosidad. El banano requiere de buena luminosidad con un óptimo entre 1.000 a 1.500 horas luz al año [12].

Viento Las zonas con vientos no mayores a 30 km por hora son los ideales, para evitar volcamiento de las plantas. Además ausencia de vientos fuertes debido a su altura y débil constitución del pseudo-tallo. Humedad relativa Humedades relativas altas (mayores al 80%) favorecen el desarrollo de enfermedades fungosas y plagas principalmente. Altitud Se recomienda alturas sobre el nivel del mar entre 0 a 300 metros. Las recomendaciones nutricionales se deben hacer siempre en base a los análisis de suelo y foliares y con la correcta interpretación de un profesional. El exceso de agua y las inundaciones perjudican el cultivo, por tanto se debe hacer una buena selección del terreno que permita diseñar un sistema de drenaje superficial y subterráneo eficientes [12].

2.1.5.2 Abonado

La dosis y el tipo de fertilizantes dependerá de los requerimientos del cultivo, y de los resultados de análisis foliar y de suelos. Se debe realizar un plan de fertilización para cuándo y qué aplicar para suplir los requerimientos nutricionales de la planta, el mismo que debe ser documentado y registrado. El tiempo de fertilización, clima, humedad relativa, elevación sobre el nivel del mar suelos (propiedades morfológicas, físicas, químicas y mineralógicas), drenaje interno y externo del suelo y los elementos en general

más importantes en la nutrición del banano los cuales son el potasio, el nitrógeno, el manganeso, zinc, boro y sílice. En la etapa inicial de la planta hay que monitorear el azufre [12].

Para la fertilización con nitrógeno (N) es esencial en la formación de proteínas, aminoácidos, ácidos nucleicos, etc. En banano esencial para obtener una planta vigorosa y fruta grande y bien formada. Su deficiencia ocasiona en la planta un crecimiento lento, pequeña, hojas amarillas y fruta pequeña. Dosis requeridas 350-600 kg N/ha/año [12].

Para la fertilización con fósforo (P) es indispensable en el establecimiento de la plantación pero luego su importancia decrece después de la tercera cosecha. Su función es como buffer de pH de la célula; control de la síntesis de almidones, en la respiración climatérica durante la madurez del fruto; conductor de energía. El banano requiere cantidades relativamente pequeñas de P puesto que hay una gran transferencia de la madre al hijo, nieto etc. y las deficiencias de este elemento son raras después de la primera generación. Se requiere entre 75 a 150 kg de P/ha [12].

Para la fertilización con potasio (K) en banano es esencial mantener la planta hidratada y regular la apertura de los estomas. Se puede decir que es uno de los elementos más importantes en la nutrición del banano. La carencia de potasio resulta en fruta de bajo peso, corta, delgada y muy susceptible a la madurez temprana. La deficiencia de K es quizá el factor nutricional que más daño causa a la industria bananera a nivel internacional. Se requiere entre 650 a 900 kg de K/ ha. El fertilizante debe ser aplicado en la zona de máxima absorción, es decir más o menos desde la base de la planta hasta 50cm hacia afuera en un semicírculo y alrededor del hijo seleccionado para la producción, mientras que en plantillas, la fertilización se hará en bandas anchas circulantes alrededor del pseudotallo hasta la floración. Según los análisis de suelo y foliares se recomienda aplicaciones de calcio, magnesio, zinc, azufre, silicio y boro [12].

El aplicador debe utilizar equipo de protección adecuado para manipular y aplicar los fertilizantes edáficos en la plantación. Los fertilizantes a ser aplicados deben estar registrados y certificados por la autoridad competente. El área de almacenamiento de los fertilizantes debe estar cubierta y limpia, no tener contacto directo con el área de almacenamiento de plaguicidas, ni de las cajas de exportación; los fertilizantes no deben

estar en contacto con el suelo. Los fertilizantes deben permanecer en sus envases originales debidamente identificados y etiquetados [12].

2.1.5.3 Plagas y enfermedades

2.1.5.3.1. Plagas

Picudo negro: El picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) es la plaga de mayor importancia económica en el cultivo del banano, ocasiona pérdidas considerables en su producción. El uso de labores culturales (trampas) y el combate biológico con hongos entomopatógenos son alternativas de control que reducen las poblaciones de este insecto. El insecto adulto es de color negro oscuro. Mide en promedio 13 mm de longitud y 4 mm de ancho, posee cabeza pequeña que se prolonga mediante un pico pronunciado (Foto 1). Raramente se los ve volar. Las larvas del picudo negro son de color blanco excepto la cabeza que es café oscura; el cuerpo es abultado en el centro, sus mandíbulas son bien desarrolladas [13].

Las larvas ocasionan galerías y perforaciones en el rizoma (cepa, cormo) mientras se alimenta. Este daño favorece la entrada de patógenos que deterioran la vida útil de la cepa. Cuando la infestación es elevada y permanente, la planta se debilita y sufre volcamiento. De esta manera, la población de plantas se puede reducir hasta un 10%. Además del daño visible, esta plaga disminuye notoriamente la producción porque muchas raíces mueren por el deterioro de la cepa. Si el productor no maneja la plaga, la plantación se arruina porque hay pérdida permanente de la capacidad regenerativa de las cepas, en vista de que no se producen colinos o éstos emergen muy débiles [13].

Sigatoka Negra: La Sigatoka Negra, es una enfermedad foliar causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* y representa la principal limitante en la producción de banano a nivel mundial. Esta enfermedad afecta el área foliar fotosintética de la planta, por lo tanto vamos a tener problemas de peso de los racimos, también produce una maduración más pronta de la fruta y esto afecta sustancialmente a su comercialización. Este hongo afecta a todas las variedades de banano comercial debido a la influencia de factores ambientales como temperatura (25-28°C), alta humedad relativa superior al 80% y un prolongado periodo de lluvias [12].

Para prevenir esta enfermedad se realiza la aplicación de labores culturales como deshoje: Se recomienda si la hoja está afectada en su totalidad o en más del 50%. En caso contrario haga cirugía, es decir, remueva fragmentos afectados con estados 3 a 6, cada 15 días en época de lluvias y 20 a 30 días en épocas secas. Las hojas deben ser trozadas para acelerar su degradación en el suelo y la aplicación de fertilizante mineral que aporte especialmente fósforo (P), potasio (K) y calcio (Ca) y suplementar con la aplicación de materia orgánica, lixiviados de raquis de plátano y biofertilizantes. Aplique fungicidas solo bajo condiciones de alta presión de inóculo (variedad susceptible, época de lluvias y temperatura >23 °C) [12].

Nematodos: Los nematodos son parásitos de la planta del banano, están diferenciados en tres grupos: Endoparásitos como el *Radolphussimilis*, que causan lesiones profundas en las raíces, endoparásitos facultativos como el *Helucotylenchusmulticintus*, que provoca lesiones menos profundas y endoparásitos sedentarios como el nematodo agallador, representado por el género *Meloidogyne* [14].

Los nematodos se caracterizan por ingresar y movilizarse dentro de las células de raíces y los cormos, esto ha permitido que el intercambio de material de siembra infectado sea el principal medio de su diseminación alrededor del mundo [14].

2.1.5.3.2. Enfermedades

Moko: El Moko es endémico de América Central y América del Sur, con registros oficiales en Belice, Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Granada, Guatemala, Guyana, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Perú, Surinam, Trinidad y Venezuela.

El moko es causado por la raza 2 de la bacteria *Ralstonia solanacearum* Yabuuchi. Es una de las enfermedades más destructivas y una seria amenaza para las plantaciones de banano y plátano. Todos los tejidos de la planta pueden ser infectados por la bacteria. El patógeno ingresa a través de heridas producidas a la planta con herramientas contaminadas o por las flores, cuando es transmitida por insectos. Una vez que una planta es infectada, es muy probable que otras plantas adyacentes se contaminen antes de que la primera sea detectada y erradicada [15].

La hoja candela detiene su crecimiento y se torna opaca, posteriormente se vuelve clorótica, hasta necrosarse por completo y se puede doblar progresivamente. Las hojas más jóvenes (1-3) toman una coloración verde pálida o amarilla y se doblan cerca de la unión de la lámina con el pseudopeciolo. En el pseudotallo, ráquiz y en el rizoma, al efectuar cortes, se observan haces vasculares obstruidos con puntos o filamentos café-rojizos (decoloración vascular), generalmente más evidentes en la parte más interna de los mismos [15].

En los frutos se presenta una maduración prematura, la cáscara se agrieta, la pulpa se torna de consistencia harinosa, con tonalidades café en algunas zonas, sin mal olor (Fig. 4). Los hijos más pequeños, sin hojas, se pueden deformar o necrosarse. En el caso de hijos más desarrollados, estos detienen su crecimiento, la lámina de algunas hojas se torna clorótica, con un borde café y se puede presentar doblamiento, cerca de su base, en las hojas más jóvenes [15].

2.1.6. Fertilizantes

2.1.6.1 Minerales o químicos

Son productos inorgánicos obtenidos mediante procesos químicos, elaborados en laboratorios o fábricas [16].

2.1.6.2 Orgánicos

Son los que se producen de la descomposición de restos de materiales vegetales y animales muertos. Según el contenido de uno o varios elementos principales [16].

2.1.6.3 Orgánicos simples

Contienen solamente uno de los tres elementos primarios en su composición. Estos a su vez pueden ser: a) Nitrogenados: contienen nitrógeno. b) Fosfatados: contienen fósforo. c) Potásicos: contienen potasio [16].

2.1.6.4 Orgánicos compuestos

Contienen más de un elemento en su composición. Estos pueden ser: a) Binarios: contienen dos elementos en su composición, ejemplo el DAP (18-46-00). b) Ternarios: contienen tres elementos en su composición, ejemplo la fórmula 12-24-12 [16].

2.1.6.5 Inorgánicos

Son naturales o fabricados y son sustancias químicas inorgánicas. La mayoría se disuelve rápidamente en el suelo para una rápida respuesta de crecimiento y tiene un alto contenido de nutriente [17] .

2.1.7. Plaguicidas

2.1.7.1 Clasificación de los plaguicidas

Los plaguicidas pueden clasificarse principalmente según tres criterios específicos: su actividad biológica, su naturaleza química, y su toxicidad.

2.1.7.2 Según su actividad biológica

Una forma común de clasificar a los plaguicidas se basa en la plaga a la que atacan. Así, a las sustancias que impiden o retrasan el desarrollo de los hongos se les llama fungicidas, a las que controlan o eliminan a los insectos, insecticidas; a las que controlan a los ácaros, acaricidas, etc. (véase cuadro 3). Pese a su popularidad, esta clasificación puede causar confusiones, ya que en muchos casos una sustancia puede ser, por ejemplo, insecticida y nematocida a la vez; además, esa clasificación no permite correlacionar la estructura de la sustancia y sus efectos tóxicos, su mecanismo de acción, la prevención de riesgos en su uso, el tratamiento médico, su comportamiento ambiental y otros puntos igualmente importantes [18].

2.1.7.3 Según su naturaleza química

Según su naturaleza química, en principio, pueden clasificarse en inorgánicos y orgánicos.

Los primeros no plantean, en general, una problemática importante desde el punto de vista de su toxicidad y evolución en el suelo. Por el contrario en lo que se refiere a los orgánicos,

se ha ido desarrollando una amplia gama de productos que plantea problemas de evolución en el complejo sistema del suelo [19].

En 1978, la Organización Mundial de la Salud (OMS) estableció una clasificación basada en su peligrosidad o grado de toxicidad aguda, definida ésta como la capacidad del plaguicida de producir un daño agudo a la salud a través de una o múltiples exposiciones, en un período de tiempo relativamente corto. La toxicidad se mide a través de la dosis letal media (DL₅₀)* o de la concentración letal media (CL₅₀). Al basarse en la observación de especies animales, es importante señalar que estos indicadores no proporcionan información sobre los efectos crónicos, ni sobre la citotoxicidad de algún compuesto [20].

CATEGORÍA TOXICOLÓGICA	Símbolo pictográfico para cada categoría	DL50 aguda (rata): mg de formulación por kg de peso corporal			
		Por vía oral		Por vía cutánea	
		Sólido	Líquido	Sólido	Líquido
Ia EXTREMADAMENTE PELIGROSOS	 MUY TÓXICO	5 ó menos	20 ó menos	10 ó menos	40 ó menos
Ib ALTAMENTE PELIGROSOS	 TÓXICO	5-50	20-200	10-100	40-400
II MODERADAMENTE PELIGROSOS	 DAÑINO	50-500	200 - 2000	100 - 1000	400 - 4000
III LIGERAMENTE PELIGROSOS	CUIDADO	500 - 2000	2000 - 3000	Más de 1000	Más de 4000
IV	PRECAUCIÓN	Más de 2000	Más de 3000		

Figura 1. Clasificación de los plaguicidas según su toxicidad

2.1.7.4 Dinámica de los plaguicidas en el suelo

Cuando un plaguicida se aplica al campo, bien en forma de pulverización o líquido se distribuye en las distintas fases del ambiente suelo, agua, aire, animales y plantas. La distribución tendrá lugar de forma que la concentración en cada una de las fases sea función tanto de las propiedades químicas del compuesto como de la fase [20].

El estudio de la interacción de los plaguicidas con la fase suelo, sustrato primario y más importante, tiene especial interés, ya que la mayor parte de los mismos llega a ponerse en contacto con la superficie de éste ya sea directa o indirectamente por lo que se hace necesario conocer su evolución en este sistema [20].

Los mecanismos que influyen en la persistencia y evolución de plaguicidas en el suelo están esquematizados en la figura 2. Estos mecanismos pueden actuar solos o en combinación sobre la estructura de los diferentes productos específicos y dependen de otras variables, como humedad, temperatura, materia orgánica, tipo de arcilla, pH, intercambio iónico del suelo, así como de las características fisicoquímicas del compuesto de que se trate [20].

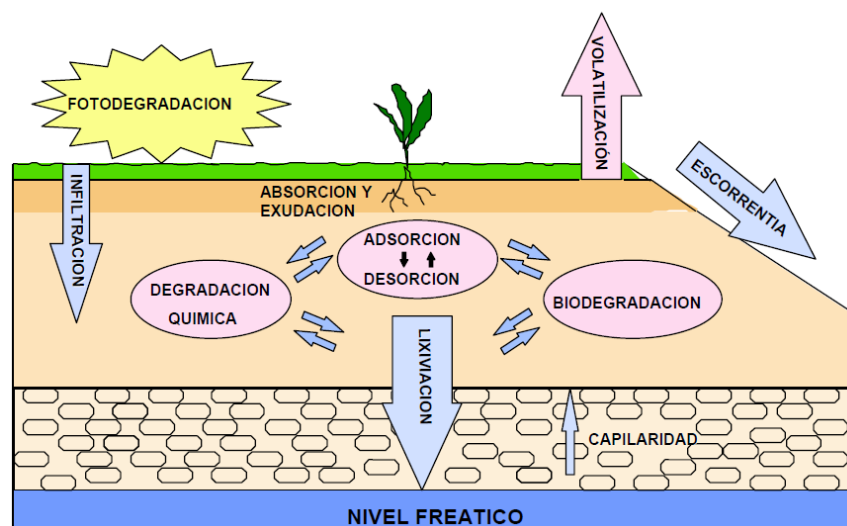


Figura 2. Dinámica de los plaguicidas en el suelo

En definitiva los procesos que afectan a la evolución de los plaguicidas en los suelos los podemos agrupar en:

- Procesos de acumulación (adsorción)
- Procesos de degradación (descomposición química y degradación biológica)
- Procesos de transporte (difusión, lixiviación, volatilización).

2.1.7.5 Procesos de acumulación

La adsorción es la interacción superficial entre un elemento o molécula (adsorbato) y una fase sólida (adsorbente). Y como resultado la molécula del plaguicida queda retenida en el suelo [20].

De todos los mecanismos implicados en la evolución de plaguicidas en el suelo mencionados en el apartado anterior, la adsorción- desorción es el más importante por influir directa o indirectamente en la magnitud y efecto de los otros. Es fácil comprender que la adsorción influye en el lavado, en la volatilización e incluso en la biodegradación por microorganismos ya que éstos no pueden degradar el plaguicida si éste es inaccesible. Se ha demostrado que los sustratos que no son accesibles a los microorganismos no son atacados o lo son más lentamente [20].

El proceso de adsorción de plaguicidas por el suelo se refiere, a la interacción entre estos compuestos y las partículas del suelo por lo que estará íntimamente relacionado con la superficie específica y con las propiedades físico-químicas de estas partículas y en consecuencia con el tamaño de las mismas. De ahí que la fracción coloidal será la más activa en este proceso, o sea, la que tendrá mayor facilidad para retener moléculas de plaguicidas [20].

La fracción coloidal del suelo está constituida por una parte orgánica (materia orgánica) y una parte inorgánica (minerales de la arcilla). Las interacciones entre las moléculas de plaguicidas y las fracciones coloidales del suelo están influidas considerablemente por la humedad, temperatura, pH, y contenido de minerales y materia orgánica del suelo. A su vez también están relacionadas con las características de los compuestos orgánicos, en cuanto a su solubilidad en el agua, polaridad, tamaño molecular y características químicas. La adsorción es medida generalmente dejando reaccionar el suelo con soluciones acuosas del plaguicida en un rango de concentraciones. La cantidad de equilibrio adsorbida se obtiene por diferencia entre la cantidad añadida y la que permanece en solución [20].

2.1.7.6 Procesos de transporte

2.1.7.6.1. Difusión

Es el movimiento de moléculas debido a un gradiente de concentración. Este movimiento es al azar pero trae como consecuencia el flujo de materiales desde las zonas más concentradas a las menos concentradas. Para medir la difusión de un compuesto en el suelo hay que considerar la interacción conjunta de parámetros tales como la porosidad, los procesos de adsorción, la naturaleza del compuesto, etc. [21].

2.1.7.6.2. Lixiviación

La lixiviación es el fenómeno ligado a la dinámica del suelo, por medio del cual el plaguicida se desplaza hacia el interior del compartimento suelo fuera de su área objetivo, causando en algunos casos la contaminación de los mantos freáticos, dependiendo de la profundidad de éstas y de la movilidad del plaguicida. La lixiviación es un proceso que depende de las características químicas del plaguicida y las propiedades químicas y físicas del suelo [22].

El potencial de lixiviación de los plaguicidas está estrechamente relacionado con el grado de afinidad con la materia orgánica presente en el suelo, los tipos de arcillas presentes y las características hidráulicas del mismo [22].

2.1.7.6.3. Volatilización

La volatilización consiste en el flujo del compuesto hacia la fase aire y supone uno de los mecanismos de pérdida de masa hacia la atmósfera. Este proceso está regido por la ley de Henry y su mayor o menor intensidad depende de la presión de vapor del compuesto, de manera que los compuestos con alta presión de vapor tenderán a volatilizarse, excepto que también sean muy solubles en agua [23].

Un plaguicida con presión de vapor mayor a 10,6 mm Hg puede fácilmente volatilizarse y tiende a alejarse del lugar donde se aplicó. Los plaguicidas con presión de vapor menor a 10-8 Pa tienen bajo potencial para volatilizarse. Los plaguicidas con una presión de vapor mayor a 10-3 tienen alto potencial para volatilizarse [23].

2.1.7.7 Propiedades de los plaguicidas

Los plaguicidas constituyen un grupo de sustancias químicas sintetizadas por el hombre, los cuales son agregados a los sistemas agrícolas con el fin de aumentar los rendimientos productivos, por medio de la reducción de las plagas asociadas a los distintos cultivos. Las propiedades físico-químicas intrínsecas de cada plaguicida condicionan la dirección e intensidad de los procesos de disipación que ocurren en el suelo. Si se consideran de manera conjunta las propiedades físico-químicas de un plaguicida, podemos tener una primera aproximación del destino potencial de cada molécula en el ambiente. Las principales propiedades a tener en cuenta son [24]:

Estructura química: Según su constitución química, los plaguicidas pueden clasificarse en varios grupos, los más importantes son los arsenicales, carbamatos, derivados de cumarina, derivados de urea, dinitrocompuestos, organoclorados, organofosforados, organometálicos, piretroides, tiocarbamatos y triazinas. Algunos de estos grupos engloban varias estructuras diferenciadas, por lo que, en caso de interés, es posible efectuar una subdivisión de los mismos [24].

Solubilidad en agua: Esta propiedad representa la masa del soluto (en este sentido del plaguicida) por el volumen de la solución acuosa (Kg m^{-3}). La solubilidad en agua se encuentra entre los parámetros a tener en cuenta para evaluar el potencial de disipación del plaguicida disuelto en agua, ya sea por lixiviación o escurrimiento [24].

Lipofilidad: representa el balance entre la afinidad de un compuesto por la fase acuosa y la fase lipídica. Esta propiedad se evalúa usando el Coeficiente de Partición 1-octanol/agua (K_{ow}), que es la relación entre la concentración de un químico en octanol y la concentración del mismo en agua, donde el octanol es un subrogado de los tejidos grasos de la biota o de la materia orgánica del suelo/sedimento. De este modo, el K_{ow} es un indicador del potencial toxicológico que tiene un compuesto para adsorberse a suelos y sedimentos y a los tejidos grasos de los organismos vivos [24].

2.1.7.8 Proceso de transporte de plaguicidas en el suelo

El suelo es un material poroso compuesto por partículas sólidas de tamaños variables (1 μm hasta 2000 μm), que se encuentran en distintos estados de estructuración. Dicha

estructuración de las partículas depende parcialmente de la forma de las mismas y del estrés mecánico al cual esté sometido el suelo. La textura y la estructura del suelo determinan la distribución del tamaño de poros (macroporos, mesoporos, microporos), los cuales son importantes para el movimiento de agua, de solutos y del aire que por estos circula. El movimiento de moléculas orgánicas e inorgánicas, como los plaguicidas, a través de la zona insaturada (vadosa), es particularmente importante en lo referente a la contaminación ambiental y agronómica [24].

El mecanismo más simple de movimiento de solutos en el suelo es el **transporte convectivo**, en el cual las moléculas de soluto siguen al movimiento del flujo del agua (Costa *et al.*, 2000), para ello es fundamental conocer cómo se mueve el agua a través del suelo. Sin embargo, los mecanismos de **difusión** y **dispersión**, también poseen un rol importante en el transporte de solutos. Por su parte, la **difusión**, descrita por la primera Ley de Fick, puede ocurrir cuando existen gradientes de concentración de solutos en el suelo. Mientras que la **dispersión**, ocurre en la dirección del movimiento del agua debido a las diferentes velocidades de flujo dentro de los poros. La capacidad del agua para transportar las moléculas de plaguicidas depende del tamaño y continuidad de los poros presentes en el perfil del suelo. En la Figura 4 se ejemplifica como el agua se mueve a través de los poros del suelo; en el lado izquierdo, se observa que el movimiento del agua y las moléculas de soluto (plaguicidas) se realiza principalmente por dispersión hidrodinámica de forma longitudinal a través de macroporos (Flujo Preferencial); en el lado derecho, el movimiento se realiza en forma longitudinal y lateral en igual medida (Flujo por mesoporosidad). Este movimiento puede ser longitudinal y/o lateral, generando direcciones de flujo convergente y divergente [24].

2.1.7.9 Plaguicidas orgánicos más importantes

2.1.7.9.1. Plaguicidas organoclorados (Derivados Halogenados)

Derivados halogenados de hidrocarburos alicíclicos (hch, lindano), derivados halogenados de hidrocarburos aromáticos (ddt, p,p'ddt, p,p'dde), derivados halogenados de hidrocarburos ciclodiénicos. Su modo de acción es al sistema nervioso, generando alteraciones de la transmisión del impulso nervioso. Es un insecticida que se encuentran

ampliamente distribuidos en el ambiente terrestre y acuático, son utilizados en la industria, la agricultura e incluso para contrarrestar enfermedades como la malaria [25].

Altamente tóxicos que inducen mutagénesis (alteración del ADN o de los cromosomas), teratogénesis (malformaciones en el embrión). Están prohibidos en argentina y el mundo y para casi todos sus usos. Aunque tienen baja degradabilidad y alta bioacumulación [25].

2.1.7.9.2. Plaguicidas organofosforados

Son ésteres de ácido fosfórico, son liposolubles, generalmente (facilita penetración a el organismo), tienen baja presión de vapor (poco volátiles) y se hidrolizan fácilmente en medio alcalino (baja persistencia), con un modo de acción generalmente liposolubles lo que facilita el ingreso al organismo. Inhibe la transmisión nerviosa y provoca la muerte. Insecticida gases neurotóxicos militares posteriores a la segunda guerra mundial, con una toxicidad alta que provoca intoxicación cutánea, digestiva respiratoria [25].

2.1.7.9.3. Plaguicidas Carbamatos

Son ésteres de los ácidos n-metil o nn-dimetil carbámicos, tienen baja presión, se hidrolizan fácilmente en medio alcalino y por acción de la luz y el calor. Modo de acción, destruye acetil coa (comunicación entre dos neuronas). Es un insecticida de uso militar (gases neurotóxicos) y uso agrícola con una toxicidad media, aun habilitado en la actualidad [25].

2.1.7.9.4. Plaguicidas piretroides

Los piretroides son sustancias químicas que se obtienen por síntesis y poseen una estructura muy parecida a las piretrinas. Son obtenidas a partir del chrysanthemum cinerariaefolium (flor, planta). Son excelentes insecticidas, de baja toxicidad para mamíferos, mayor fotoestabilidad y baja persistencia en el suelo. Producto muy tóxico para insectos y formas de vidas acuáticas (peces). Actúa en el sistema nervioso, generando una alteración de la transmisión del impulso nervioso [25].

2.1.7.10 Factores que regulan la dinámica de los plaguicidas en el suelo

2.1.7.10.1. Volatilidad y presión de vapor

La volatilidad representa la tendencia del plaguicida a pasar a la fase gaseosa. Todas las sustancias orgánicas son volátiles en algún grado dependiendo de su presión de vapor, del estado físico en que se encuentren y de la temperatura ambiente. La volatilidad se mide a partir de la constante de Henry que depende de la presión de vapor en estado líquido y de la solubilidad en agua [22].

Es una medida de volatilidad de una sustancia química (plaguicida) en estado puro y es un determinante importante de la velocidad de volatilización al aire desde suelos o cuerpos de agua superficiales contaminados. La presión de vapor varía; se incrementa la presión cuando se incrementa la temperatura y disminuye cuando disminuye la temperatura [22].

2.1.7.10.2. Capacidad de adsorción y coeficiente de distribución

Como ya se vio anteriormente, las moléculas de un compuesto en solución resultan adsorbidas en la superficie de un sólido a través de una reacción química (quimisorción) o por fuerzas físicas (por ejemplo, las de Van der Waals), y es un factor importante porque regula la tendencia del plaguicida a quedar retenido en el suelo. La retención del plaguicida debido a la adsorción en el suelo se puede determinar en función del coeficiente de reparto agua-octanol KOW, a través de un coeficiente de distribución entre fases, denotado por KSD, definido como [22]:

$$K_{SD} = 6,3 \times 10^{-7} \cdot f_{oc} K_{ow}$$

donde f_{oc} es la fracción, en peso, de carbono orgánico en el terreno.

2.1.7.10.3. Solubilidad y coeficiente de reparto octanol-agua

La solubilidad es una medida de la capacidad de disolverse una determinada sustancia (solute) en un determinado medio (solvente), generalmente agua. La solubilidad en agua de un plaguicida es una medida que determina la máxima concentración de un plaguicida a disolverse en un litro de agua y por lo general tiene un rango de 1 a 100,000 mg/l. Los plaguicidas muy solubles en agua se adsorben con baja afinidad a los suelos y por lo tanto,

son fácilmente transportados del lugar de la aplicación por una fuerte lluvia, riego o escurrimiento, hasta los cuerpos de agua superficial y/o subterránea [22].

Las características hidrófobas de un plaguicida, en otras palabras su solubilidad en agua o grado de apolaridad, se mide mediante el coeficiente de partición octanol-agua, K_{ow} , expresado como el cociente de la concentración másica de un compuesto en octanol, dividido por la concentración en agua [22].

2.1.7.10.4. Cantidad de materia orgánica

La materia orgánica es otro componente de la fracción coloidal del suelo, muy importante también en los procesos de adsorción. Su contenido en los suelos, especialmente en los agrícolas, es menor que el de arcilla y es uno de los materiales más complejos que existen en la naturaleza. Contiene compuestos que pueden ser agrupados en sustancias químicas definidas, tales como carbohidratos, proteínas, aminoácidos, ceras y ácidos orgánicos de bajo peso molecular siendo fácilmente atacables por los microorganismos del suelo. Las sustancias húmicas son más estables y constituyen el grueso de la materia orgánica en la mayor parte de los suelos [20].

Son ácidas, de color oscuro, predominantemente aromáticas, químicamente complejas, hidrofílicas, y de peso molecular elevado que oscila entre 1.000 y más de 100.000. Basándose en su solubilidad, las sustancias húmicas se pueden reparar en tres fracciones: ácido húmico, ácido fúlvico y humina que son estructuralmente similares pero con diferente peso molecular [20].

La capacidad de cambio de cationes de las sustancias húmicas es más alta que la de los minerales de la arcilla, siendo del orden de 200 a 400 meq/100 g y tienen además una gran área superficial, 500-800m²/g. La materia orgánica no se encuentra bien estudiada para poder establecer relaciones entre estructura química y adsorción. Parece, sin embargo que, tanto los materiales húmicos como los no humificados, juegan un papel importante en la adsorción, que puede explicarse por su gran área superficial, por su elevada capacidad de cambio y por su naturaleza química [20].

Análogamente a lo que ocurre en los minerales de la arcilla, en este fenómeno de adsorción influyen tanto las características del plaguicida como la composición de la materia

orgánica. Los mecanismos de interacción son también similares estando implicados los grupos carboxilo e hidroxilo de estas sustancias. Así, los plaguicidas iónicos y débilmente básicos, dicuat, paracuat y triazinas sustituidas se adsorben en la materia orgánica también mediante un mecanismo de cambio iónico. En el caso de las triazinas pueden darse además otros mecanismos de interacción como enlace de hidrógeno o a través de radicales libres [20].

2.1.7.10.5. pH

La adsorción de ciertos plaguicidas aumenta al bajar el pH. Los productos organofosforados son más persistentes en medios ácidos [21]. Su efecto está directamente asociado al pKa del plaguicida y a las propiedades de carga variable del suelo y el potencial redox del mismo, que es la causa de ciertos procesos degradativos de plaguicidas [26].

2.1.7.10.6. Contenido de arcillas

La presencia en el suelo de minerales arcillosos afecta al transporte de los plaguicidas, dada la alta capacidad de adsorción que estos presentan la materia orgánica y la arcilla son los componentes del suelo que más a menudo están implicados en la adsorción de pesticidas. Sin embargo, los efectos individuales no son tan fácilmente descubiertos como probablemente se suponga por la razón de que en la mayoría de los suelos la materia orgánica está íntimamente unida a la arcilla probablemente como complejos arcilla-metal-materia orgánica [21].

Estos dos tipos importantes de superficies absorbentes están normalmente disponibles para los pesticidas, o sea arcilla-humus y arcilla sola. La arcilla y materia orgánica funcionarían como una unidad más que como entidades separadas y la contribución relativa de las superficies orgánicas e inorgánicas a la absorción dependerá sobre todo de la extensión con la cual la arcilla es recubierta con sustancias orgánicas [22].

2.1.8. Propiedades del Suelo

2.1.8.1 Color

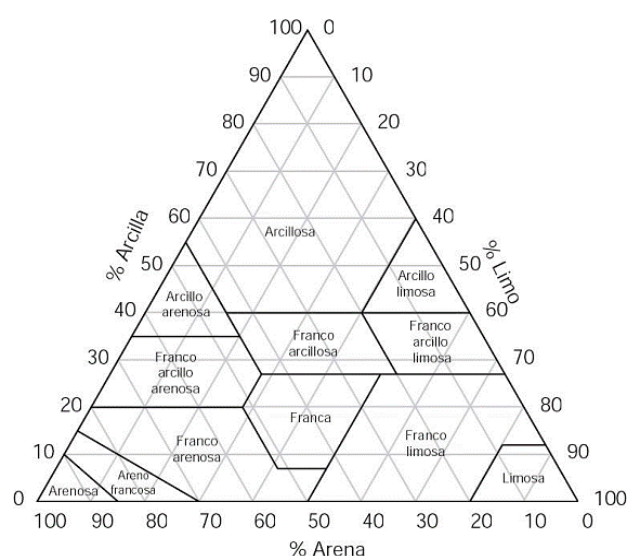
El color del suelo es uno de los parámetros más prácticos, tanto para el agricultor como para el técnico. El color es una de las características más evidentes cuando se observa la superficie o el perfil del suelo y constituye su respuesta a la radiación electromagnética en la región visible del espectro. Con el color del suelo se puede decir si contiene más o menos materia orgánica, si tiene hierro o no, si drenará mejor o peor, si su temperatura será más o menos elevada, etc. Por otra parte, muchos aspectos de la clasificación de suelos tienen el color como uno de sus parámetros principales [27].

2.1.8.2 Textura

La textura indica la proporción de las partículas fundamentales del suelo: arcilla, limo y arena, que se pueden agrupar en fina, media y gruesa. Su funcionamiento sigue una escala logarítmica con límites entre 0.002 y 2.0 mm, con valor intermedio de 0.05 mm, la arcilla es menor de 0.002 mm, el limo entre 0.002 y 0.05 mm y la arena entre 0.05 y 2.0 mm. Esta clasificación es la que utiliza la FAO y el USDA; aunque la Sociedad Mundial de Suelos limita el limo a una fracción que va de 0.002 a 0.02mm [27].

En cuanto a la clasificación que se utiliza normalmente en América coincide con las de la FAO y USDA y además la arena se divide en: a) muy fina, con diámetros de 0.05 a 0.1 mm; b) fina, con diámetros de 0.1 a 0.25 mm; c) media, con diámetros de 0.25 a 0.5 mm; d) gruesa con diámetros de 0.5 a 1.0 mm y e) muy gruesa de 1.0 a 2.0 mm [27].

Figura 3. Clasificación de las texturas del suelo (FAO; USDA)



Fuente: [27]

2.1.8.3 Estructura

La estructura se refiere a la agregación de partículas individuales de suelo en unidades mayores con planos débiles entre ellas. Los agregados individuales se conocen con el nombre de peds. Los suelos que no tienen agregados con límites existentes naturalmente (peds), se consideran desprovistos de estructura [22].

Se puede definir la estructura de un suelo como la disposición y organización de las diferentes partículas de un suelo, como tal la estructura de un suelo constituye una propiedad cuantitativa del mismo antes que una propiedad cualitativa. Esta estructura depende de la porosidad total de un volumen de suelo, de la forma de cada poro y de la distribución global de los tamaños de los poros. Como resultado, la estructura de un suelo afecta en gran medida a las propiedades mecánicas del suelo, principalmente al movimiento de fluidos, incluidas la infiltración, la retención de agua y la aireación [22].

Aquellos suelos en los que las partículas están sueltas y no adheridas entre sí, tales como los depósitos no consolidados de polvo del desierto, se definen bien como carentes de estructura o bien como poseedores de una estructura de grano simple. Por otro lado, los suelos con partículas estrechamente unidas, como por ejemplo, en una arcilla seca, a

menudo se definen como poseedores de una estructura en masa. Los suelos con una estructura intermedia entre las dos descritas, se definen como agregados [22].

2.1.8.4 Porosidad

Los poros son las vías por las cuales el agua penetra y circula en el suelo. Muchos de ellos se encuentran conectados entre sí, formando verdaderos canales. El aire necesario para las raíces de las plantas, se encuentran llenando parcialmente dichos espacios junto al agua. La porosidad (P) es el volumen de suelo que ocupa normalmente el agua y el aire de mismo. Su valor se expresa como porcentaje del volumen del suelo, y se puede calcular mediante la fórmula [28]:

$$P (\%) = 100 \times (1 - D_a / D_r)$$

El suelo ideal es el que tiene el espacio poroso dividido por igual entre poros grandes y pequeños. Se dice entonces, que tiene las mejores condiciones para una buena aireación, permeabilidad y retención de agua [28].

2.1.8.5 Humedad

La humedad de un suelo influye en gran medida en la actividad biológica. El agua es el componente principal del protoplasma bacteriano y un suministro adecuado de agua es esencial para el crecimiento y la estabilidad microbianos. Un suelo con una humedad demasiado baja da lugar a zonas secas y a una disminución en la actividad microbiana. Sin embargo, demasiada humedad inhibe el intercambio de gases y el movimiento de oxígeno a través del suelo y resulta en la aparición de zonas anaerobias, hecho que daría lugar a la eliminación de las bacterias aerobias y el aumento de la presencia de anaerobios o anaerobios facultativos [22].

2.1.8.6 Materia Orgánica

Al describir la materia orgánica se atiende a si hay restos y residuos orgánicos incorporados al suelo y si están más o menos transformados. La cantidad de materia orgánica se estima a partir del color y se verifica con un posterior análisis en el laboratorio [29].

2.1.8.7 Potencial de Hidrógeno (pH)

El pH se define como el índice numérico para expresar el grado de acidez o de alcalinidad de las sustancias. La reacción del suelo (pH) es una de las determinaciones más importantes, ya que es un indicador de múltiples propiedades químicas, físicas y biológicas que influyen fuertemente en su fertilidad [27].

Hay cuatro intervalos de pH que son particularmente informativos; un pH menor de 4.0 indica la presencia de ácidos libres comúnmente producto de la oxidación de los sulfuros, un pH debajo de 5.5 sugiere la ocurrencia de aluminio intercambiable y/o exceso de manganeso, pH entre 7.5 a 8.2 señala la posible presencia de CaCO_3 y un pH mayor de 8.2 la posible presencia de elevadas concentraciones de sodio intercambiable. La reacción del suelo (pH) ideal del suelo es aquel que va de 6.0 a 6.5 pues a este pH todos los nutrientes muestran una razonable disponibilidad [27].

2.1.8.8 Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica (C.E.) o conductancia específica de una solución es el recíproco de la resistencia específica de una corriente alterna medida entre las caras opuestas de un centímetro cúbico de una solución acuosa o una temperatura específica. La conductividad eléctrica del estrato de saturación, es uno de los índices más difundidos para evaluar la concentración salina del suelo a nivel del laboratorio [27].

2.1.9. Metales pesados

2.1.9.1 Metales pesados y su bioacumulación

La peligrosidad de los metales pesados es mayor al no ser química ni biológicamente degradables. Una vez emitidos, pueden permanecer en el ambiente durante cientos de años. Además, su concentración en los seres vivos aumenta a medida que son ingeridos por otros, por lo que la ingesta de plantas o animales contaminados puede provocar síntomas de intoxicación. De hecho, la toxicidad de estos metales ha quedado documentada a lo largo de la historia: los médicos griegos y romanos ya diagnosticaban síntomas de envenenamientos agudos por plomo mucho antes de que la toxicología se convirtiera en ciencia [30].

Lo que hace tóxicos a los metales pesados no son en general sus características esenciales, sino las concentraciones en las que pueden presentarse, y casi más importante aún, el tipo de especie que forman en un determinado medio [30].

2.1.9.2 Disponibilidad de los metales pesados en el suelo

La cantidad de metales disponibles en el suelo está en función del pH, el contenido de arcillas, contenido de materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico y otras propiedades que las hacen únicas en términos de manejo de la contaminación. Los suelos arenosos contienen menores concentraciones de metales pesados que los suelos arcillosos [30].

2.1.9.3 Movilización de metales pesados

La movilización de metales pesados está relacionada con las condiciones del medio (Martínez *et al*; 1996) de manera que el descenso del pH, los cambios de las condiciones redox o el incremento de las sales inorgánicas o agentes complejantes, naturales o sintéticos, puede aumentar la movilización de estos [30].

En comparación a la extracción soluble, la efectuada en medio ácido resulta más efectivo en cuanto a la movilización de metales, pues los valores de concentración son muchos más elevados y por ende también los porcentajes de fracción movilizables. Se advierte que el Cadmio es el metal que experimenta una mayor movilización, con un valor medio que ronda el 30 %, seguido de Arsénico (10 %) y finalmente Plomo (1 %), que es el menos móvil [30].

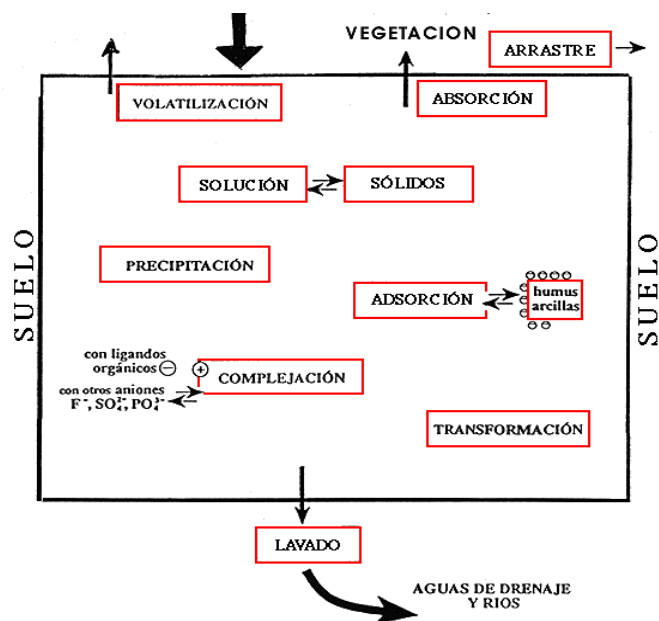
Las plantas han desarrollado mecanismos altamente específicos para absorber, traslocar, y acumular nutrientes, sin embargo algunos metales y metaloides no esenciales son absorbidos, traslocados y acumulados en la planta esto debido a que presentan un comportamiento electroquímico similar a los elementos nutritivos requeridos [30].

Los iones inorgánicos y el agua (savia bruta) se transportan desde la raíz hasta las hojas mediante una serie células tubulares que pertenecen a un tejido leñoso denominado xilema. La fuerza que mueve esta solución no radica en las células del tejido xilemático, sino en la fuerza propia del proceso de ósmosis y en otra fuerza, menos habitual, conocida como

fuerza de succión. La ósmosis se produce porque existe una gran diferencia de concentración entre la parte superior de la planta (hojas, inflorescencias) donde es mayor y la parte inferior, es decir existe un potencial hídrico favorable al impulso ascendente. La fuerza de succión se produce cuando en las hojas se pierde agua por transpiración, pues las moléculas perdidas producen una succión de nuevas moléculas cercanas para reemplazar a las anteriores, de tal manera que se produce una fuerza que atrae agua desde las raíces hacia las hojas [30].

2.1.9.4 Comportamiento ambiental de los metales pesados

Figura 4. Dinámica de los metales pesados en el suelo



Fuente: [21]

2.1.9.5 Dinámica y destino de los metales pesados

2.1.9.5.1. Cadmio

Una entrada importante de cadmio en el suelo proviene de la aplicación de fertilizantes de fosfatos en el suelo. En este medio, el cadmio es absorbido por las plantas, debido a su semejanza con el zinc, y así ejerce su acción tóxica. Cuando entra en el suelo, el cadmio se muestra bastante móvil y se distribuye uniformemente a lo largo del perfil del suelo. Se puede encontrar a distintas profundidades y en distinta forma molecular [31]:

- Ocupando sitios de intercambio catiónico en la fracción arcillosa (silicatos laminares, óxidos e hidróxidos de Fe y Mn, etc.) y húmica.
- Adsorbido o coprecipitado junto con óxidos e hidróxidos.
- Precipitado como carbonato en suelos a pH superior a 7.
- Precipitado como sulfuro en suelos reductores.
- Adsorbido específicamente al material húmico formando quelatos esenciales, etc.

En suelos contaminados las especies de cadmio soluble predominantes son el ion libre Cd^{2+} junto con otras especies neutras como CdSO_4 o CdCl_2 , presentes en cantidades crecientes donde el pH es mayor que 6.5 [32].

El cadmio no tiene función biológica esencial y tanto él como sus compuestos son muy tóxicos para plantas y animales [32].

2.1.9.5.2. Cromo

El cromo, se halla en rocas, en el suelo, en animales y en las plantas, en concentraciones variables. Presenta valencia tres (III) y seis (VI). El cromo trivalente es esencial para los seres humanos, en los que promueve la acción de la insulina. Los derivados del cromo hexavalentes (cromatos y dicromatos), usualmente, son de origen antropogénico, que en sus altas concentraciones producen toxicidad para las plantas, ocasionando disminución en la incorporación de calcio, de potasio, de fósforo, de hierro y de manganeso, además, de afecciones en el metabolismo de los carbohidratos y disminución de la clorofila. Algunos factores que afectan su disponibilidad son el pH del suelo, la interacción con otros elementos y compuestos orgánicos quelados [33].

El cromo se encuentra presente en agua y suelo principalmente en dos formas de oxidación: Cr (III) o Cr (VI), aunque también puede encontrarse como óxido de cromo, sulfato de cromo, trióxido de cromo, ácido crómico y dicromato. En presencia de la materia orgánica, el Cr (VI) presente en aguas y suelos es reducido a Cr (III); sin embargo, las altas concentraciones del ión en estado hexavalente pueden sobrepasar esta capacidad de reducción, lo que impediría su adecuada eliminación. Pese a que el cromo es un elemento esencial para hombres y animales, niveles elevados de este metal (15 mg en agua de ríos y 0.10 mg /L en agua potable) resultan tóxicos en estos seres vivos.

Particularmente, el Cr (VI) tiene efectos carcinogénicos en animales y mutagénicos en humanos y bacterias [34].

2.1.9.5.3. Plomo

En el suelo, el plomo está fuertemente retenido, ya sea por el humus, sobre todo si contiene grupos –SH, o por las fases sólidas arcillosas en donde se adsorbe químicamente. No obstante, a pH neutro-ligeramente alcalinos, la mayor parte del plomo se encuentra precipitado como carbonato, hidróxido, sulfuro o fosfato. A pH alcalinos, la solubilidad aumenta debido a la formación de complejos solubles como compuestos orgánicos naturales e hidroxocomplejos. La gran afinidad del plomo por el humus hace que, al igual que el mercurio, se acumule en los horizontes superficiales del suelo [31].

2.1.10. Técnicas de biorremediación de suelos

2.1.10.1 Tratamiento In Situ

2.1.10.1.1. Bioaumentación

Esta tecnología se utiliza cuando se requiere el tratamiento inmediato de un sitio contaminado, o cuando la microflora autóctona es insuficiente en número o capacidad degradadora. Consiste en la adición de microorganismos vivos, que tengan la capacidad para degradar el contaminante en cuestión, para promover su biodegradación o su biotransformación. El tamaño del inóculo a utilizar, depende del tamaño de la zona contaminada, de la dispersión de los contaminantes y de la velocidad de crecimiento de los microorganismos degradadores [35].

Aplicaciones. Se ha usado para tratar suelos contaminados con herbicidas (2,4-D, clorofam), insecticidas (lindano, clordano, paratión), clorofenoles (PCP) y nitrofenoles, BPC, HTP y HAP (Alexander, 1994). También se ha aplicado efectivamente para tratar desechos con concentraciones relativamente altas de metales [35].

Limitaciones. Antes de llevar a cabo la bioaumentación en un sitio, deben realizarse cultivos de enriquecimiento, aislar microorganismos capaces de cometabolizar o utilizar el

contaminante como fuente de carbono, y cultivarlos hasta obtener grandes cantidades de biomasa [35].

Costos y tiempos de remediación. Es una tecnología que puede durar varios meses o años, y su utilización no implica mucho capital ni costos de operación [35].

2.1.10.1.2. Biolabranza

Durante el proceso de biolabranza, la superficie del suelo contaminado es tratado en el mismo sitio por medio del arado. El suelo contaminado se mezcla con agentes de volumen y nutrientes, y se remueve periódicamente para favorecer su aireación. Las condiciones del suelo (pH, temperatura, aireación) se controlan para optimizar la velocidad de degradación y generalmente se incorporan cubiertas u otros métodos para el control de lixiviados. La diferencia entra la biolabranza y el composteo, es que en la biolabranza, se mezcla el suelo contaminado con suelo limpio, mientras que el composteo generalmente se realiza sobre el suelo [35].

Aplicaciones. Los contaminantes tratados con éxito por biolabranza, incluyen diésel, gasolinas, lodos aceitosos, PCP, creosota y coque, además de algunos pesticidas y HTP. Es una tecnología de gran escala, que se practica en los Estados Unidos de América, Canadá, Reino Unido, Holanda, Suiza, Dinamarca, Francia y Nueva Zelanda [35].

Limitaciones. La biolabranza debe manejarse con cuidado para prevenir la contaminación de acuíferos, superficies de agua, aire o en la cadena alimenticia. El mayor problema es la posibilidad de lixiviados de los contaminantes hacia el suelo y el agua. Otra limitante para su utilización, es que por la incorporación de suelo contaminado en suelo limpio, se genera un gran volumen de material contaminado. No es recomendable su uso para contaminantes diluidos, ni tampoco cuando no todos los contaminantes son biodegradables [35].

Costos y tiempos de remediación. Es una tecnología de mediano a largo plazo. El costo para su aplicación en desechos peligrosos oscila entre 30 y 70 USD/ m³ [35].

2.1.10.1.3. Fitorremediación

La fitorremediación es un proceso que utiliza plantas para remover, transferir, estabilizar, concentrar y/o destruir contaminantes (orgánicos e inorgánicos) en suelos, lodos y

sedimentos, y puede aplicarse tanto in situ como ex situ. Los mecanismos de fitorremediación incluyen la rizodegradación, la fitoextracción, la fitodegradación y la fitoestabilización. La rizodegradación se lleva a cabo en el suelo que rodea a las raíces. Las sustancias excretadas naturalmente por éstas, suministran nutrientes para los microorganismos, mejorando así su actividad biológica. Durante la fitoextracción, los contaminantes son captados por las raíces (fitoacumulación), y posteriormente éstos son traslocados y/o acumulados hacia los tallos y hojas (fitoextracción). En la fitoestabilización, las plantas limitan la movilidad y biodisponibilidad de los contaminantes en el suelo, debido a la producción en las raíces de compuestos químicos que pueden adsorber y/o formar complejos con los contaminantes, inmovilizándolos así en la interfase raíces-suelo. La fitodegradación consiste en el metabolismo de contaminantes dentro de los tejidos de la planta, a través de enzimas que catalizan su degradación [35].

Aplicaciones. Puede aplicarse eficientemente para tratar suelos contaminados con compuestos orgánicos como benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos (BTEX); solventes clorados; HAP; desechos de nitrotolueno; agroquímicos clorados y organofosforados; además de compuestos inorgánicos como Cd, Cr (VI), Co, Cu, Pb, Ni, Se y Zn (Sellers 1999). Se ha demostrado también su eficiencia en la remoción de metales radioactivos y tóxicos de suelos y agua [35].

Limitaciones. Existen varias limitaciones que deben considerarse para su aplicación: (i) el tipo de plantas utilizado determina la profundidad a tratar; (ii) altas concentraciones de contaminantes pueden resultar tóxicas; (iii) puede depender de la estación del año; (iv) no es efectiva para tratar contaminantes fuertemente sorbidos; (v) la toxicidad y biodisponibilidad de los productos de la degradación no siempre se conocen y pueden movilizarse o bioacumularse en animales [35].

Costos y tiempos de remediación. Se estima que la fitorremediación de un suelo contaminado con Pb (50 cm de profundidad) puede costar entre 24,000 y 40,000 USD/ha [35].

2.1.10.2 Tratamientos ex situ

2.1.10.2.1. Tratamiento en lechos (Landfarming)

Comprende en la aireación y la mezcla del terreno contaminado mediante el acondicionamiento del terreno, la adicción de nutrientes (y en algunos casos de microorganismos), y el control de la humedad a través de la adición periódica de agua. Consiste en esparcir sobre un sustrato, que puede ser otro suelo, una capa fina de material contaminado y mezclarlo posteriormente con el suelo sustrato, para incorporar el material contaminante en la matriz de éste. El laboreo posterior consigue mejorar el transporte de masa e intensificar la actividad microbiológica aerobia, para ello es necesario tener un seguimiento regular de las condiciones del nuevo suelo formado, controlando los niveles de nutrientes, grado de humedad, contenido en materia orgánica y pH. Los procesos de degradación en un tratamiento de lechos son esencialmente biológicos.

2.1.10.2.2. Tratamiento en compostaje

El composteo es un proceso biológico controlado, por el cual los contaminantes orgánicos pueden convertirse en subproductos inocuos estables. El material contaminado se mezcla en pilas, con sustancias orgánicas sólidas biodegradables, como paja, aserrín, estiércol y desechos agrícolas. Estos materiales son adicionados como agente de volumen, para mejorar el balance de nutrientes (C/N) para la actividad microbiana, y para asegurar la generación del calor necesario para el proceso. Los sistemas de composteo incluyen tambores rotatorios, tanques circulares, recipientes abiertos y biopilas [36].

Los procesos de composteo pueden aplicarse para tratar suelos y sedimentos contaminados con compuestos orgánicos biodegradables. El composteo se ha usado con éxito, para la remediación de suelos contaminados con clorofenoles, gasolina, HTPs, HAPs, y se ha demostrado también una reducción en la concentración y toxicidad de explosivos hasta niveles aceptables. En la práctica y en general, una de las tecnologías de composteo más utilizada para el tratamiento de extensas áreas de suelos contaminados, principalmente por HTPs, se lleva a cabo en condiciones aerobias y se conoce como biopilas, bioceldas, pilas de composteo o sistemas de co-composteo [36].

2.1.10.3 Tratamiento fisicoquímico

2.1.10.3.1. Electrobiorremediación

El tratamiento electroquímico es una tecnología emergente de biorremediación in situ, altamente efectiva en la remoción de metales pesados y compuestos orgánicos altamente solubles en agua. El tratamiento electroquímico de un suelo contaminado (electroremediación), involucra la aplicación de una corriente directa de bajo voltaje o de un gradiente de potencial bajo a través de un electrodo positivo (ánodo) y uno negativo (cátodo) que se insertan en el suelo. Tratamiento electroquímico aplicado directamente en el subsuelo.

Durante la aplicación de una corriente eléctrica se crea un campo eléctrico entre los dos electrodos, en donde las sustancias altamente solubles se orientan similarmente a las moléculas de agua y tienden a emigrar hacia uno de los dos electrodos de acuerdo a las cargas, polaridad y movilidad de los contaminantes. La migración de estos compuestos depende principalmente del efecto del campo eléctrico para remover especies químicas cargadas, por medio de la electromigración (transporte de iones), electro-ósmosis (transporte del agua de solvatación de iones) y/o electroforesis (arrastre mecánico de coloides y/o microorganismos) [36].

El proceso dominante durante la electro-remediación es la electro-ósmosis, en la cual, la corriente directa produce el flujo de agua a través del suelo. Dentro de los contaminantes que pueden tratarse por procesos electroquímicos, se encuentran: metales pesados (Pb, Hg, Cd, Ni, Cu, Zn, Cr); especies radioactivas (^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{60}Co , Ur); aniones tóxicos (NO_3^- , SO_4^-); mezclas de contaminantes orgánicos/iónicos; hidrocarburos del petróleo (gasolina, diésel y aceites); hidrocarburos halogenados (PCBs); hidrocarburos poliaromáticos (HAPs); benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos (BTEX); cianuros y explosivos [36].

2.2. Marco Referencial

El estudio de determinación de metales contaminantes en cultivos de exportación y su repercusión sobre la calidad de los mismos fue realizado en junio del 2015 por Imelda Félix, Francisco Mite, Manuel Carrillo y Mariela Pino, para determinar la concentración de metales pesados (Pb, Cd, Zn) en zonas agrícolas de interés económico, así como la variación en las zonas con riego elaborado, y como parte del proyecto que se realiza en el INIAP con financiamiento PROMSA. Para ello estos investigadores realizaron la extracción y cuantificación de los metales potencialmente asimilables de Pb, Cd, Zn a las muestras utilizando la metodología descrita por A.O.A.C. Los resultados obtenidos en el presente estudio indicaron que no existen problemas de contaminación por plomo y zinc en los suelos en estudio, pues sus valores son menores a los niveles permisibles. El elevado contenido de cadmio en las provincias de El Oro (Sta. Rosa) y Los Ríos (Montalvo) ocasiona que estas se descompongan por el uso de agroquímicos que se utilizan en las bananeras para el control de la Sigatoka [37].

El análisis para las formas de Cu, Cd, Ni, Pb y Zn y su biodisponibilidad en suelos agrícolas del Litoral Ecuatoriano fue realizado en Mayo del 2010 para determinar la concentración de metales pesados (Cu, Cd, Ni, Pb y Zn) en zonas agrícolas del Litoral Ecuatoriano realizado por Jessica Cargua Ch., Francisco Mite V., Manuel Carrillo Z. y Wuellins Durango C. Para este trabajo de investigación se aplicó la estadística no paramétrica, en donde las medias fueron expresados en cuadros y gráficos. Además los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza y medias agrupadas según el test Scott-Knott. De forma general las muestras del suelo del litoral ecuatoriano no presentaron problemas con los contenidos de metales pesados en la fracción fácilmente extraíble (suelo disponible para la planta) [38].

Según estudios ya realizados en Venezuela en febrero del 2008 sobre “Biomarcadores de contaminación por cadmio en las plantas”, indican que las plantas han sido utilizadas para la diagnosis y/o predicción de las consecuencias negativas de las actividades antropogénicas. En el caso de la contaminación por Cd, está ampliamente documentado en la literatura que las plantas responden a este metal activando la síntesis de glutatión, fitoquelatinas y nicotianamina como respuestas específicas a este tipo de contaminantes.

La investigación indicó que las plantas son excelentes indicadoras de contaminación por este metal pesado, pudiendo ser importantes herramientas para el monitoreo ambiental [39].

También en Venezuela el 21 de mayo del 2009, se realizó un análisis de “Aspectos sobre calidad y salud de suelos bananeros en Venezuela”, en el cual se aplicaron métodos como: análisis de componentes principales, clasificación automática, análisis factorial discriminante, regresión lineal múltiple y análisis de correspondencia, estos análisis permitieron obtener las variables de suelo más relacionadas la productividad del cultivo de banano, los cuales se establecieron como los indicadores de calidad y salud de los suelos bananeros. Los resultados del índice de calidad y salud de suelos permitieron definir estrategias de manejo para el mejoramiento de las áreas de menor productividad que fueron evaluadas por medio de un ensayo de campo. [40].

En cuatro países de América Latina y El Caribe en el año 2010, se realizó una investigación sobre “Índice de calidad y salud de suelos para plantaciones bananeras”, en donde se colectó información de 38 fincas de Costa Rica, República Dominicana, Panamá y Venezuela, mediante un análisis en componentes principales y se realizaron discriminaciones usando el método de Fisher. La investigación determinó que el índice de calidad y salud de suelos bananeros desarrollados para cada uno de los países participantes estuvo basado en los indicadores químicos, físicos y biológicos más representativos de las condiciones propias de cada uno de los sistemas de producción estudiados [41].

2.3. Marco legal

2.3.1. Constitución de la República del Ecuador [42]

Art. 400.- El Estado ejercerá la soberanía sobre la biodiversidad, cuya administración y gestión se realizará con responsabilidad intergeneracional.

Se declara de interés público la conservación de la biodiversidad y todos sus componentes, en particular la biodiversidad agrícola y silvestre y el patrimonio genético del país.

Art. 409.- Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión.

En áreas afectadas por procesos de degradación y desertificación, el Estado desarrollará y estimulará proyectos de forestación, reforestación y revegetación que eviten el monocultivo y utilicen, de manera preferente, especies nativas y adaptadas a la zona.

Art. 410.- El Estado brindará a los agricultores y a las comunidades rurales apoyo para la conservación y restauración de los suelos, así como para el desarrollo de prácticas agrícolas que los protejan y promuevan la soberanía alimentaria.

2.3.2. Ley de prevención y control de la contaminación ambiental [43]

Art. 10.- Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, cualquier tipo de contaminantes que puedan alterar la calidad del suelo y afectar a la salud humana, la flora, la fauna, los recursos naturales y otros bienes.

Art. 11.- Para los efectos de esta Ley, serán consideradas como fuentes potenciales de contaminación, las sustancias radioactivas y los desechos sólidos, líquidos o gaseosos de procedencia industrial, agropecuaria, municipal o doméstica.

Art. 12.- Los Ministerios de Agricultura y Ganadería y del Ambiente, cada uno en el área de su competencia, limitarán, regularán o prohibirán el empleo de sustancias, tales como

plaguicidas, herbicidas, fertilizantes, desfoliadores, detergentes, materiales radioactivos y otros, cuyo uso pueda causar contaminación.

Art. 13.- Los Ministerios de Salud y del Ambiente, cada uno en el área de su competencia, en coordinación con las municipalidades, planificarán, regularán, normarán, limitarán y supervisarán los sistemas de recolección, transporte y disposición final de basuras en el medio urbano y rural. En igual forma estos Ministerios, en el área de su competencia, en coordinación con la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica, limitarán, regularán, planificarán y supervisarán todo lo concerniente a la disposición final de desechos radioactivos de cualquier origen que fueren.

Art. 14.- Las personas naturales o jurídicas que utilicen desechos sólidos o basuras, deberán hacerlo con sujeción a las regulaciones que al efecto se dictará. En caso de contar con sistemas de tratamiento privado o industrializado, requerirán la aprobación de los respectivos proyectos e instalaciones, por parte de los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia.

Art. 15.- El Ministerio del Ambiente regulará la disposición de los desechos provenientes de productos industriales que, por su naturaleza, no sean biodegradables, tales como plásticos, vidrios, aluminio y otros.

Art. 16.- Se concede acción popular para denunciar ante las autoridades competentes, toda actividad que contamine el medio ambiente.

Art. 17.- Son supletorias de esta Ley, el Código de la Salud, la Ley de Gestión Ambiental, la Ley de Aguas, el Código de Policía Marítima y las demás leyes que rigen en materia de aire, agua, suelo, flora y fauna.

2.3.3. Acuerdo ministerial 061 [44]

Art. 212 Calidad de Suelos.- Para realizar una adecuada caracterización de este componente en los estudios ambientales, así como un adecuado control, se deberán realizar muestreos y monitoreos siguiendo las metodologías establecidas en el Anexo II y demás normativa correspondiente.

La Autoridad Ambiental Competente y las entidades del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental, en el marco de sus competencias, realizarán el control de la calidad del suelo de conformidad con las normas técnicas expedidas para el efecto. Constituyen normas de calidad del suelo, características físico-químicas y biológicas que establecen la composición del suelo y lo hacen aceptable para garantizar el equilibrio ecológico, la salud y el bienestar de la población.

Art. 213 Tratamiento de suelos contaminados.- Se lo ejecuta por medio de procedimientos validados por la Autoridad Ambiental Competente y acorde a la norma técnica de suelos, de desechos peligrosos y demás normativa aplicable. Los sitios de disposición temporal de suelos contaminados deberán tener medidas preventivas eficientes para evitar la dispersión de los contaminantes al ambiente.

Art. 214 Restricción.- Se restringe toda actividad que afecte la estabilidad del suelo y pueda provocar su erosión.

2.3.4. Acuerdo ministerial 097 A [11]

2.3.4.1 Suelos contaminados

- Los causantes y/o responsables por acción u omisión de contaminación al recurso suelo, por derrames, vertidos, fugas, almacenamiento o abandono de materiales peligrosos, deben proceder a la remediación de la zona afectada, considerando para el efecto los criterios de remediación de suelos contaminados que se encuentran en la presente norma.
- La Autoridad Ambiental Competente debe exigir al causante y/o responsable, la remediación integral y/o restauración del sitio contaminado, y el seguimiento de las acciones de remediación, hasta alcanzar los objetivos o valores establecidos en la presente norma.
- No serán consideradas como áreas degradadas o contaminadas aquellas en las que sus suelos presenten, por causas naturales y en forma habitual, alto contenido de sales solubles de sodio, de elementos tóxicos para la flora, fauna, ecosistemas y sus interrelaciones, de baja fertilidad química nativa, capa de agua alta o suspendida que

anule o disminuya muy notoriamente el crecimiento radicular de las plantas, que requieran riego constante o suplementario, de desmonte o desmalezado.

- Cuando por cualquier causa se produzcan derrames, infiltraciones, descargas o vertidos de residuos o materiales peligrosos de forma accidental sobre el suelo, áreas protegidas o ecosistemas sensibles, se debe aplicar inmediatamente medidas de seguridad y contingencia para limitar la afectación a la menor área posible, y paralelamente poner en conocimiento de los hechos a la Autoridad Ambiental Competente, aviso que debe ser ratificado por escrito dentro de las 24 horas siguientes al día en que ocurrieron los hechos.
- El responsable del proyecto, obra o actividad debe presentar un informe sobre el incidente, accidente o siniestro en los términos establecidos por la Autoridad Ambiental Competente y conforme los mecanismos estipulados en el presente Libro, el cual debe contener lo siguiente: a) Identificación, domicilio, y teléfonos de los propietarios, tenedores, administradores, representantes legales o encargados de los residuos o productos peligrosos de los que se trate.; b) Localización, coordenadas en sistema WGS84, y características del sitio donde ocurrió el accidente; c) Causas que motivaron el derrame, infiltración, descarga o vertido; d) Descripción precisa de las características fisicoquímicas y de ser posible las biológicas y toxicológicas, así como la cantidad de los residuos o sustancias peligrosas derramadas, infiltrados, descargados o vertidos; e) Acciones realizadas para la atención del accidente, particularmente medidas de contención aplicadas; f) Se debe analizar los posibles riesgos a la salud humana y al ambiente a causa de la contaminación; g) Medidas adoptadas para la limpieza y remediación integral de la zona afectada; h) En el caso que la Autoridad Ambiental Competente lo requiera, solicitara una evaluación ambiental y valoración económica de acuerdo a los lineamientos establecidos en la normativa ambiental vigente.

2.3.4.2 Caracterización inicial del suelo

La calidad inicial del suelo presentado por el proponente, como parte del Estudio de Impacto Ambiental, constituirá el valor referencial respecto al cual se evaluara una posible contaminación del suelo, en función de los parámetros señalados en la Tabla 1.

En caso de evidenciar valores superiores a los establecidos en la Tabla 1, de origen natural, estos se consideraran como línea base inicial antes de la implementación del proyecto.

Si por origen antropogénico los valores son superiores a los establecidos en la Tabla 1, la Autoridad Ambiental Competente exigirá al causante y/o responsable aplicar un programa de remediación, sin perjuicio de las acciones administrativas y legales que esto implique. Los valores de los parámetros deberán cumplir con los criterios de remediación de la Tabla 2, según el uso de suelo que corresponde.

2.3.4.3 Criterios de calidad del suelo

Los criterios de calidad del suelo son valores de fondo aproximados a límites analíticos de detección para un contaminante presente en el suelo. Los valores de fondo se refieren a los niveles ambientales representativos para un contaminante en el suelo. Estos valores pueden ser el resultado de la evolución natural del área, a partir de sus características geológicas, sin influencia de actividades antropogénicas. Los criterios de calidad del suelo constan en la Tabla 1.

- Toda persona natural o jurídica, pública o privada, nacional o extranjera que desarrolle actividades que tengan el potencial de afectar al recurso suelo, presentara periódicamente a la Autoridad Ambiental Competente un informe de monitoreo de la calidad del suelo, reportando los parámetros aplicables para el uso respectivo, según consta en la Tabla 1 y los que la Autoridad Ambiental disponga. La periodicidad y el plan de monitoreo deben ser establecidos en el Plan de Manejo Ambiental del proyecto, obra o actividad o conforme la Autoridad Ambiental Competente lo disponga.

2.3.4.4 Criterios de remediación del suelo

Los criterios de remediación se establecen de acuerdo al uso del suelo, tienen el propósito de establecer los niveles máximos de concentración de contaminantes en un suelo luego de un proceso de remediación, y son presentados en la Tabla 2.

Tabla 1. Criterios de Calidad de Suelo

Parámetros Generales		
Parámetro	Unidades *	Valor
Conductividad	uS/cm	200
pH		6 a 8
Relación de absorción de Sodio (Índice SAR)		4*
Parámetros Inorgánicos		
Arsénico	mg/kg	12
Azufre	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
Parámetros Orgánicos		
Benceno		0.03
Clorobenceno		0.1
Etilbenceno		0.1
Estireno		0.1
Tolueno		0.1
Xileno		0.1
PCBs		0.1
Clorinados Alifáticos (cada tipo)		0.1
Clorobencenos (cada tipo)		0.05
Hexaclorobenceno		0.05
Hexaclorociclohexano		0.01
Fenólicos no clorinados (cada tipo)		0.1
Clorofenoles (cada tipo)		0.05
Hidrocarburos totales (TPH)		<150
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) cada tipo		0.1

*Concentración en peso seco de suelo

Tabla 2. Criterios de Remediación

Parámetro	Unidades*	USO DEL SUELO			
		Residencial	Comercial	Industrial	Agrícola
Parámetros Generales					
Conductividad	uS/cm	200	400	400	400
pH	-	6 a 8	6 a 8	6 a 8	6 a 8
Relación de absorción de Sodio (Indice SAR)	-	5	12	12	5
Parámetro Inorgánicos					
Arsénico	mg/kg	12	12	12	12
Sulfato	mg/kg	-	-	-	500
Bario	mg/kg	500	2000	2000	750
Boro (soluble en agua caliente)	-	-	-	-	2
Cadmio	mg/kg	4	10	10	2
Cobalto	mg/kg	50	300	300	40
Cobre	mg/kg	63	91	91	63
Cromo Total	mg/kg	64	87	87	65
Cromo VI	mg/kg	0.4	1.4	1.4	0.4
Cianuro	mg/kg	0.9	8	8	0.9
Estaño	mg/kg	50	300	300	5
Fluoruros	mg/kg	400	2000	2000	200
Mercurio	mg/kg	1	10	10	0.8
Molibdeno	mg/kg	5	40	40	5
Níquel	mg/kg	100	100	50	50
Plomo	mg/kg	140	150	150	60
Selenio	mg/kg	5	10	10	2
Talio	mg/kg	1	1	1	1
Vanadio	mg/kg	130	130	130	130
Zinc	mg/kg	200	380	360	200

*Concentración en peso seco de suelo

- En el caso de declaratoria de suelo contaminado, el sujeto de control pondrá en ejecución las medidas de remediación aprobadas por la Autoridad Ambiental de Control de acuerdo a lo establecido en el numeral 4.3.1.5 de la presente norma, dentro de los plazos y condiciones señaladas para su adopción y ejecución. El plazo dependerá de la situación, y será definido por la Autoridad Ambiental de Control.
- La remediación del suelo se ejecutará utilizando la mejor tecnología disponible, atendiendo a las características propias de cada caso, buscando soluciones que garanticen la recuperación y el mantenimiento permanente de la calidad del suelo.
- Se privilegiarán las técnicas de remediación in situ. El traslado de suelos contaminados para tratamiento y/o disposición ex situ sólo será posible en casos especiales, debidamente justificados ante la Autoridad Ambiental de Control, quien autorizará expresamente su ejecución.

- Se utilizará la Tabla 2 para establecer los límites para la remediación de suelos contaminados.
- Ante la inaplicabilidad para el caso específico de algún parámetro establecido en la presente norma o ante la ausencia en la norma de un parámetro relevante para el suelo bajo estudio, la Autoridad Ambiental de Control debe obligar al sujeto de control a la remediación del suelo hasta que la relación entre la concentración presente del parámetro y su valor de fondo sea igual o menor a 1,5. 4.7.1.6 Para el caso de suelos declarados contaminados, el sujeto de control debe tomar muestras superficiales y en profundidad de la manera ya señalada en los apartados 4.5.1 y 4.5.2, a fin de verificar el resultado de la remediación.
- La declaración de suelo contaminado quedará sin efecto una vez que el proponente remita el respectivo informe en el cual se pueda verificar mediante análisis de laboratorio que los parámetros se encuentran dentro de los límites permisibles, lo cual será notificado al sujeto de control. Esto, no obstante, no lo libera de responsabilidades ulteriores.
- En el caso de que la remediación no permita alcanzar los niveles establecidos en la Tabla 2 de la presente norma, ya sea por razones técnicas, ambientales o de otra índole, apropiadamente justificadas, la Autoridad Ambiental de Control podrá aceptar soluciones orientadas a reducir la exposición a los contaminantes de personas y/o ecosistemas, para lo cual se pondrán en práctica medidas de contención, de confinamiento, o de otro tipo, de los suelos afectados. Esto, no obstante, no libera al sujeto de control de responsabilidades ulteriores.

Capítulo 3
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

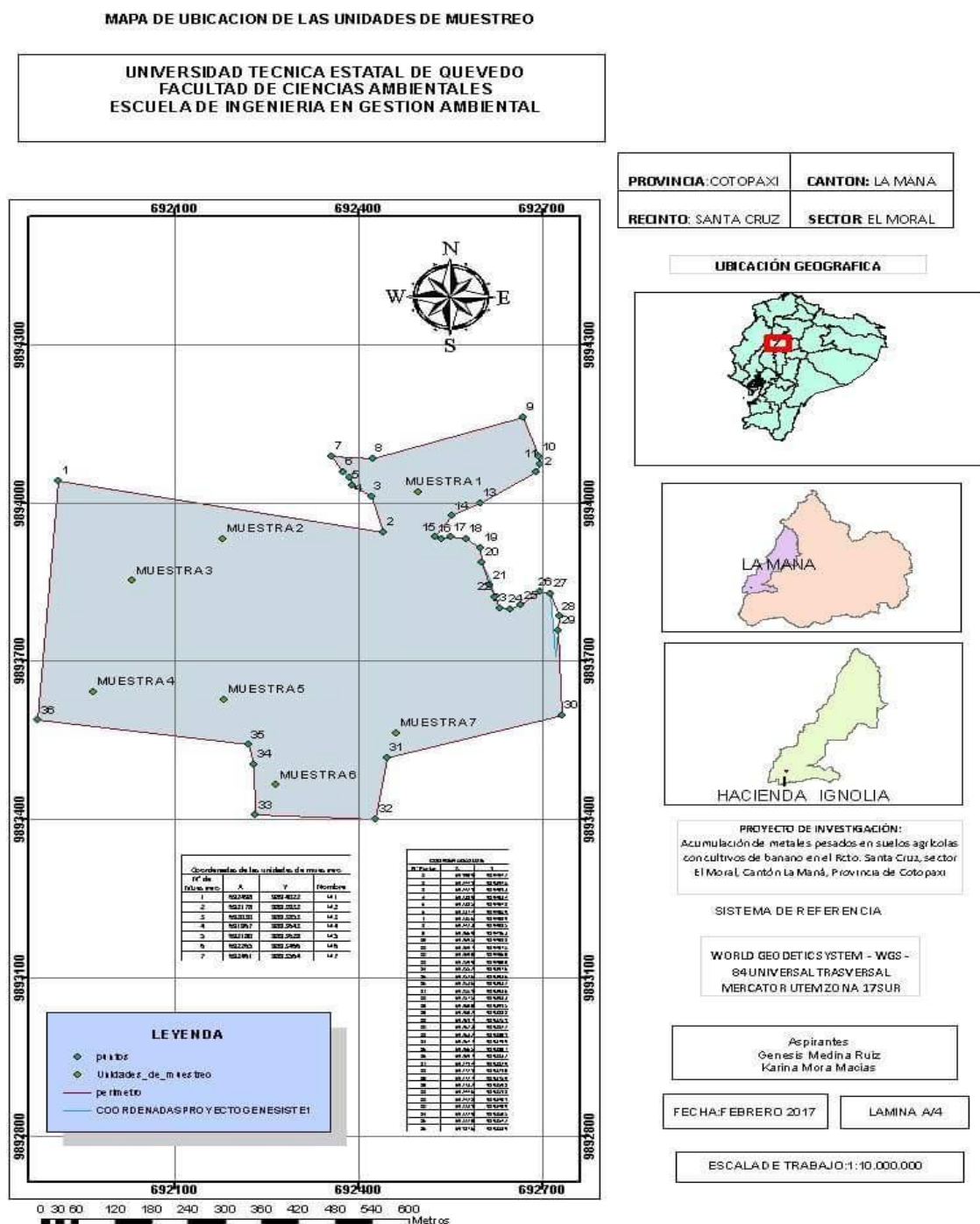
3.1.1. Antecedentes del cantón La Maná

El cantón La Maná, se encuentra ubicado en las estribaciones de la cordillera occidental de Los Andes, en la provincia de Cotopaxi, a 150 km de la capital de la provincia de Latacunga, morfológicamente se ubica sobre una llanura de pie de cordillera compuesta de depósitos aluviales cubiertas de cenizas y arenas volcánicas de origen desconocido. Limita al Norte con la parroquia Alluriquín, cantón Santo Domingo, al Sur El río Calope es el accidente geográfico que la separa de la parroquia Moraspungo, cantón Pangua, al Este Parroquia El Tingo del cantón Pujilí y Sigchos y al Oeste con el cantón Valencia y Quinsaloma de la provincia de Los Ríos.

El cantón La Maná, tiene 5 parroquias: 3 urbanas (La Maná, El Carmen y El Triunfo) y 2 rurales (Guasaganda y Pucayacu). La cabecera cantonal se asienta sobre una terraza aluvial antigua del río San Pablo. Tiene varios pisos climáticos que varía de subtropical a tropical. Su altura es variable de 200 a 1150 msnm. Tiene una superficie total de 662,58 kilómetros cuadrados y cuenta con una población de 42.216 habitantes según el censo INEC 2010 [45].

El proyecto de investigación se lo realizó en la Hacienda Bananera “Ignolia”, la misma que se encuentra ubicada en el sector El Moral, Recinto Santa Cruz, del cantón La Maná, provincia de Cotopaxi, con coordenadas UTM: X 692192E; Y 9893619N.

Figura 5. Cantón La Maná, ubicación de la Hacienda Ignolia y puntos de muestreo



Elaboración: Autoras

3.2. Tipo de investigación

La presente investigación es exploratoria y diagnóstica, esto se debe a que en esta hacienda no se ha realizado un estudio sobre contaminación de suelos por metales pesados, por ende se determinó el nivel de concentración de los contaminantes y además se propone un Plan de Biorremediación de suelos contaminados por metales pesados, con el fin de tener un suelo de buena calidad.

3.3. Métodos de investigación

3.3.1. Método Inductivo

Se recopiló información y se elaboró un plan de biorremediación con el fin de reducir los daños causados por la contaminación de metales pesados en el suelo de Hacienda Ignolia en el cantón La Maná.

3.3.2. Método Analítico

Se realizó el análisis e interpretación de datos obtenidos en la investigación y también se comprobó mediante el uso de fórmulas las concentraciones de los contaminantes y parámetros que se encuentran superando los niveles máximos permisibles.

3.4. Fuentes de recopilación de información

En el presente estudio se obtuvo información de dos fuentes diferentes las cuales son: fuentes primarias y fuentes secundarias.

3.4.1. Fuentes primarias

Para la elaboración del presente proyecto se adquirió información de varias fuentes primarias, tales como: libros, artículos científicos, revistas científicas, informes técnicos y de investigación nacionales y extranjeras, además también se obtuvo información de las normas técnicas vigentes en el país.

3.4.2. Fuentes secundarias

Se obtuvo información de fuentes secundarias como: informes virtuales, libros virtuales y artículos nacionales e internacionales.

3.5. Diseño de la investigación

3.5.1. Identificación de las fuentes de contaminación por metales pesados en las plantaciones de banano

La descripción de los procesos de producción en la hacienda Ignolia se realizó mediante recorridos, la observación directa de su producción para la respectiva exportación, el registro de información en fichas y por medios fotográficos, entrevistas al propietario, administrador y trabajadores, con el fin de obtener información sobre las principales fuentes de contaminación, determinando así que los principales contaminantes se deben a la fertilización, fumigación y riego.

3.5.2. Caracterización de las propiedades físicas y químicas de los suelos dedicados al cultivo de banano

3.5.2.1 Descripción del muestreo

Para la recolección de muestras se recorrió la hacienda y con la ayuda de un plano se identificaron 7 puntos obteniendo un total de 14 muestreos a dos profundidades, la primera de 0 - 20cm y la segunda de 20 – 40cm. Para la recolección de la muestra primero se limpió el área y luego se procedió a hacer un hoyo en forma de V de 0 – 20cm de profundidad y se tomó 500 g de suelo de ambos lados del hoyo y se lo colocó en una funda ziploc (plástica), luego en el mismo hoyo se excavo a una profundidad de 20 – 40cm y se repite el procedimiento anterior para cada punto de muestreo; esta toma de muestras se la realizó en base al Manual de muestreo de suelos de la Universidad Nacional de Colombia. Una vez recolectadas las muestras de los 7 puntos establecidos, fueron enviadas al laboratorio “Grupo Químico Marcos” para su respectivo análisis y determinar la presencia de metales pesados (Cd, Cr, Pb); los parámetros físicos como: pH, textura, humedad,

materia orgánica y conductividad eléctrica se lo realizó en el laboratorio de aguas y suelos de la UTEQ.

3.5.2.2 Análisis de laboratorio

3.5.2.2.1. Preparación de la muestra

Homogenizar bien la muestra, disgregando manualmente y eliminando los terrones, residuos vegetales de mayor tamaño como las raíces gruesas, luego se procedió a secar en una estufa a una temperatura no superior a $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, hasta que la pérdida de masa no sea mayor del 5% en 24 horas.

3.5.2.2.2. Humedad

Principio y alcance

Las muestras de suelo preparadas se secaron a una temperatura de $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. La fracción remanente corresponde al contenido de sólidos totales y la fracción evaporada al contenido de agua.

Equipos y materiales

Estufa.

Recipiente de papel aluminio.

Balanza de precisión.

Procedimiento

Se pesó en un recipiente seco y pre-pesado 20g de suelo preparado (seco a $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$).

Se procedió a colocar las muestras en la estufa y a secarlas a $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 4 horas.

Cálculos

Para calcular el porcentaje de humedad se usó la siguiente fórmula:

$$\%H = \frac{a-b}{b-c} * 100\%$$

Donde:

a = 20 g de suelo preparado (seco a 40°C ± 2°C) + recipiente.

b = suelo seco a 105°C ± 5°C (incluye recipiente).

c = masa en g del recipiente.

3.5.2.2.3. Materia orgánica

Principio y alcance

El residuo de la muestra anterior (humedad) tal como se recibió se calcina a 550°C en la mufla. Asumiendo que el material volatilizado es la fracción orgánica.

Equipos y materiales

Recipiente de papel aluminio.

Mufla.

Procedimiento

Se usó la muestra seca a 105°C ± 5°C después de la determinación del contenido de agua (humedad).

Se colocó en la mufla y lentamente se subió la temperatura a 550°C. Manteniendo la temperatura durante 2h y luego lentamente se disminuyó a menos de 200°C.

Se sacó y se colocó en el desecador dejándolo enfriar hasta temperatura ambiente, luego se procedió a pesar.

Cálculos

Para calcular el porcentaje de materia orgánica se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%MO = \frac{d-b}{d-c} * 100\%$$

Donde:

b = masa en g, del residuo de calcinación + recipiente.

c = masa en g del recipiente.

d = masa en gramos de suelo seco a $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ + recipiente.

3.5.2.2.4. pH

Principio y alcance

Se mezcló la muestra de suelo preparada (suelo seco a $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) con agua, para medir el valor del pH – H₂O con un medidor de pH.

Equipos y materiales especiales

Agitador

Varillas de vidrio.

Medidor de pH.

Vasos de precipitación de 100ml de capacidad.

Procedimiento

Se pesó en un recipiente 20g de suelo preparado (seco a $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$).

Se agregaron 50ml de agua a temperatura ambiente.

Se agitó vigorosamente la suspensión durante 5 minutos en el agitador y se dejó reposar durante 30 minutos.

Luego se agitó la suspensión con una varilla de vidrio y se introdujeron los electrodos.

Se tomaron los valores del pH una vez estabilizada la lectura.

3.5.2.2.5. Conductividad Eléctrica

Principio y alcance

La muestra de suelo preparado (seco a $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) se mezcla con agua para disolver las sales. En el extracto filtrado se mide la conductividad eléctrica a 25°C .

Equipos y materiales especiales

Vaso de precipitación de 150ml.

Agitador con ajuste de temperatura a $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

Papel filtro de tamaño de poro de $8\mu\text{m}$.

Conductivímetro.

Bomba al vacío

Procedimiento

Se pesó 20g de muestra preparada (seca a $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) en un recipiente de 150ml y se agregó 100ml de agua.

Se colocó el recipiente en el agitador durante 30 minutos a $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

Luego de los 30 minutos se retiró el recipiente y se colocó en la bomba al vacío y se filtró por papel filtro.

Se midió la conductividad eléctrica con el conductivímetro.

3.5.2.2.6. Textura

Para determinar el tipo de textura del suelo se llevaron a cabo los siguientes pasos:

- Se amasó la muestra de suelo hasta que se formó una esfera de unos 3cm de diámetro;
- Se dejó caer la esfera, (si se desmorona es arena pero si se mantiene la cohesión prosiga con el siguiente paso);
- El cual consiste en amasar la esfera en forma de un cilindro de 6 a 7cm de longitud, (si no mantiene esa forma es arenoso franco pero si mantiene esa forma prosiga con el siguiente paso);
- Se continuó amasando el cilindro hasta que alcance de 15 a 16cm de longitud, (si no mantiene esa forma es arenoso franco pero si mantiene esa forma, prosiga con el siguiente paso);
- Se formó un semicírculo con el cilindro, (si no puede es franco pero si puede, prosiga con el siguiente paso);
- Se siguió doblando el cilindro hasta formar un círculo cerrado, (si no puede es franco pesado, si puede y se forman ligeras grietas en el cilindro es arcilla ligera pero si puede hacerlo sin que el cilindro se agriete es arcilla).

3.5.3. Determinación de la acumulación de metales pesados como cadmio (Cd), cromo (Cr) y plomo (Pb), de los suelos agrícolas

Los análisis estadísticos incluyeron estadística descriptiva (ADEVA), un análisis de correlación de Pearson, con el fin de revelar la correlación entre las cantidades de metales pesados en el suelo y sus propiedades, también se realizó un análisis de varianza para establecer las diferencias estadísticas entre los tratamientos y repeticiones empleados en la investigación. Los resultados fueron comparados con la normativa nacional de acuerdo al siguiente esquema:

Tabla 3. Estándares nacionales de Cadmio, Cromo y Plomo

Parámetro	Unidad	Estándar (mg/kg)
Cadmio	Mg/kg	0,5
Cromo	Mg/kg	54
Plomo	Mg/kg	19

Fuente: [11]

3.5.4. Propuesta de un plan de biorremediación de suelos contaminados por metales pesados

Este plan fue diseñado para prevenir y mitigar la acumulación de metales pesados en el suelo de la hacienda bananera, este plan se encuentra estructurado de la siguiente forma:

Tabla 4. Matriz estructural para el plan de biorremediación

Plan	Aspecto ambiental	Impacto negativo	Medidas	Indicadores	Responsable	Tiempo	Frecuencia de ejecución	Medidas de verificación

Elaboración: Autoras

3.6. Instrumentos de investigación

Para la elaboración del presente proyecto de investigación se manejaron diferentes instrumentos detallados a continuación:

- Entrevistas dirigida al propietario y administrador de la Hacienda Ignolia.
- Informes de monitoreo de suelos por parte de un laboratorio acreditado.
- Uso de hojas de cálculo para calcular los parámetros físicos (humedad y materia orgánica).

3.7. Tratamiento de los datos

Los datos fueron calculados con la herramienta EXCEL y MINITAB, para la tabulación e interpretación de los datos y pruebas estadísticas obtenidos. Se tabularon los datos para la comparación de resultados y para relacionar las variables y describir tendencias.

3.8. Recursos humanos y materiales

Tabla 5. Recursos humanos y materiales

Campo	Oficina	Recursos humanos
▪ Libreta ▪ Esferográficos ▪ Cámara Fotográfica ▪ GPS ▪ Botas	▪ Flash memory ▪ Hojas A4 ▪ Internet ▪ Libros ▪ Computador ▪ Impresora ▪ Tinta ▪ Anillados ▪ Empastados	▪ Propietario ▪ Administrador ▪ Trabajadores de planta ▪ Trabajadores ocasionales ▪ Estudiantes

Elaboración: Autoras

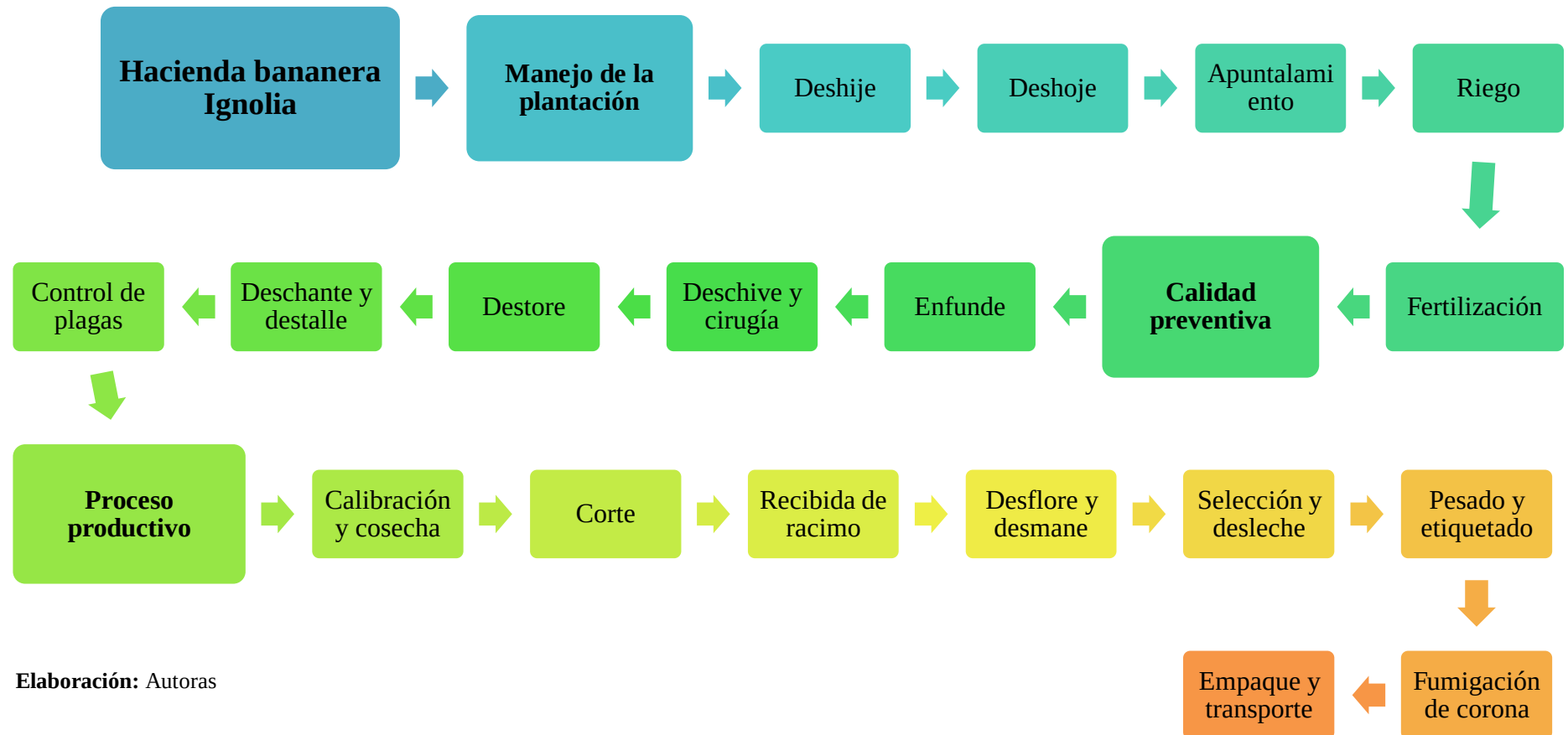
Capítulo 4
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Proceso de producción del banano

Las actividades realizadas en el proceso productivo de la hacienda Ignolia se representan en el siguiente diagrama de flujo:

Figura 6. Diagrama de flujo del proceso productivo del banano



Elaboración: Autoras

4.1.2. Fuentes de contaminación

Las principales fuentes de contaminación que se presentan en la hacienda bananera son: el uso indebido de fertilizantes los cuales son aplicados mediante 5 ciclos por año divididos en 2 meses y medio cada uno, y los plaguicidas son fumigados cada 15 días o cada 7 días dependiendo del brote de la enfermedad, estos productos se detallan en la tabla 6:

Tabla 6. Principales contaminantes del suelo en la Hacienda Ignolia

Contaminante	Biodegradación	Producto en el cual el contaminante se encuentra	Composición y concentración	Dosificación	Aplicación	Toxicidad
Fertilizantes	No biodegradable	Yaramila	Composición: nitrógeno total 12% (N amoniacal 7%, nítrico 5%); fósforo 11%; potasio 18%; azufre 8%; magnesio 2.7%; boro 0.015%; hierro 0.2%; manganeso 0.02%; zinc 0.02%. Contenido en cloro muy bajo.	Esta fertilización es realizada después de que la planta cumple su tiempo de producción que es entre 10 a 12 semanas aplicando una dosis de 150 - 200 Kg/ha	Se hace un hoyo en el tallo de la madre (planta que ya cumplió su tiempo de producción)	No tóxico
		Nitrato de potasio + Sulfato de magnesio	Composición del nitrato de potasio: Nitrógeno total 12 - 14 % (no3), potasio total 43 - 45 % (k20), cloro 0,1 - 0,2 % Composición del sulfato de magnesio: Magnesio (MgO) 25 %, azufre total (S) 20 %, cloruro máximo (Cl) 3 % y solubilidad 417 g/l	La fertilización se la divide en 5 ciclos durante el año, es decir que esta se ejecuta cada 2 meses y medio utilizando 3 Sacos * ha	La fertilización se la realiza vía foliar	El nitrato de potasio es moderadamente tóxico, mientras que el sulfato de magnesio no es tóxico
		Verango	Ingrediente activo: Fluopyram Grupo químico: piridinil-etil-benzamidas Concentración: Contiene 500 g de I.A. *L	Está dividida en 5 ciclos de 2 meses y medio, dependiendo de las necesidades de la plantación, ya que si hay problemas fúngicos persistentes se aplicara este producto cada 10 o 14 días. La dosis utilizada es de 1L * ha	Se aplica directamente a la raíz de la planta	Ligeramente Peligroso

Plaguicidas (fumigación)	No biodegradables	Dithane + Bravo (clorotalonil)	Dithane Ingrediente activo: Mancozeb (ion Zinc y etilen-bis-ditio-carbamato de manganeso) Grupo químico: ditiocarbamatos. Concentración: Equivalente a 430 g de I.A./L Bravo (Clorotalonil) Ingrediente activo: Clorotalonil Grupo químico: Ftalonitrilo Tetracloroisofthalonitrilo Concentración: 500 gr de i.a./L	Aplicar cada 7 – 10 días de forma preventiva para evitar el daño de la hoja por la sigatoka amarilla. La dosis utilizada es de 1,5L+0,5+300L de agua*ha Nota: En época lluviosa se realiza la fumigación con más frecuencia, debido que a estas condiciones del clima se desarrolla más las infecciones.	Se aplica directamente en la hoja (fumigación aérea).	Dithane: Tóxico Bravo: Moderadamente tóxico
		Silvacur	Ingrediente activo Tebuconazole y triadimenol Grupo químico: Triazol Concentración: 300g de I.A. * L	Se aplica cada 15 días para contralar el brote de sigatoka negra principalmente, pero si este brote es persistente se fumiga cada 7 días. La dosis empleada corresponde a 0.5L + 300 L de agua * ha Nota: En época lluviosa se realiza la fumigación con más frecuencia, debido que a estas condiciones del clima se desarrolla más las infecciones.	Aplicación foliar por medio fumigación aérea.	Altamente tóxico
		Dipel	Ingrediente activo: Bacillus thuringiensis var. kurstaki. Concentración: 6.4% de I.A.	Se administra cada 7 o 12 días dependiendo del brote del gusano 1,75kg + 300L de agua * ha	Se administra en la hoja y el tallo	Ligeramente peligroso

Elaboración: Autoras

Estos productos son los principales contaminantes del suelo debido a sus compuestos químicos como son nitrógeno, cloro, fosforo y carbono estos producen una gran alteración de las propiedades físicas, bioacumulación en los organismos y acumulación de metales pesados en el medio edáfico. Pero también hay otros factores que facilitan la alteración del recurso como es la textura del suelo, el pH, la conductividad eléctrica y la cantidad de materia orgánica presentes.

4.1.2.1 Otras fuentes de contaminación

Otros residuos que se generan en la hacienda son plásticos los cuales son adquiridos en el proceso de enfunde, el nylon se origina en el apuntalamiento debido a que se utilizan para evitar que la planta se caiga, envases de agroquímicos y sacos de fertilizantes generalmente este tipo de residuo se obtienen en el proceso de fertilización y fumigación, envases de combustible y envases de aceites lubricantes estos provienen por el uso de la bomba captadora de agua para el riego y las bombas para fumigación; los residuos que quedan después del proceso son tallos y el rechazo. El tallo se lo utiliza para recuperar partes pobres, es decir, donde se presenta un crecimiento deficiente de la planta. El rechazo del banano es generado el día del corte, esta es la fruta golpeada o que presenta alguna irregularidad, la cual es vendida a agricultores aledaños para alimento de ganado. Cada uno de estos residuos tiene diferentes efectos de contaminación para el ambiente.

4.1.3. Parámetros físicos y químicos

4.1.3.1 Análisis químico

La caracterización química del suelo de la hacienda bananera, en términos de cuatro parámetros: pH, cadmio, cromo y plomo, se muestra en la tabla 7:

Tabla 7. Caracterización química del suelo

Parámetros	Profundidad 0 – 20 cm							Profundidad 20 – 40 cm							Estándar
	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	
pH	4,91	5,07	5,08	5,20	5,27	5,21	4,95	4,87	5,02	5,13	5,09	5,30	5,11	4,94	6 – 8
Cd (mg/kg)	2,58	0,80	0,90	0,96	0,68	0,84	1,05	2,40	0,85	1,18	0,54	0,65	0,83	1,18	0,5
Cr (mg/kg)	17,93	7,38	6,22	9,19	6,48	6,73	8,26	14,78	7,92	8,71	4,2	5,5	7,89	7,38	54
Pb (mg/kg)	7,7	2,6	2,2	2,6	1,5	2,6	1,2	7,2	1,5	1,1	0,5	1,7	2,0	0,9	19

Elaboración: Autoras

Información: Laboratorio Acreditado “Grupo Químico Marcos”

Los resultados mostrados en la tabla 7 revelan que el suelo de la hacienda bananera tiene un pH de moderado a ligeramente ácido, y no cumplen con el estándar ambiental nacional (6 – 8). Asimismo, entre los tres metales pesados analizados se observa que sólo el cadmio registra valores por encima del límite máximo permisible (0,5mg/kg) en base al Acuerdo Ministerial 097, Anexo II, en las dos capas de profundidad evaluadas, puesto que, a excepción de la PM4 en la profundidad mayor se encuentra dentro del límite, en todos los casos restantes la concentración de cadmio en el suelo de la bananera resultó superior a 0,5 mg/kg. De los dos metales pesados restantes, cromo y plomo, se observaron concentraciones pequeñas e inferiores al estándar nacional (cromo 54mg/kg; plomo 19mg/kg).

4.1.3.2 Análisis físico

La caracterización física del suelo de la hacienda bananera, en términos de cuatro parámetros: textura, humedad, materia orgánica y conductividad eléctrica, se muestran en la tabla 8:

Tabla 8. Caracterización física del suelo

Parámetros	Profundidad 0 – 20 cm							Profundidad 20 – 40 cm							Estándar
	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	
Textura	Arenoso Franco	Arena	Arenoso franco	Arenoso Franco	Arena	Arena	Arena	Franco	Arena	Arenoso Franco	Arenoso Franco	Arena	Arena	Arena	
Humedad	82,32	43,99	55,40	45,67	50,04	36,52	41,74	76,06	52,56	46,63	49,03	44,30	42,05	41,24	
Materia Orgánica	12,98	19,13	1,40	0,80	1,91	17,77	9,21	10,08	3,47	13,76	4,44	9,05	3,52	12,29	
CE (μS/cm)	224	434	207,3	180,5	205,9	176,2	164,1	212,7	387	164,8	176,3	236	212,8	185,7	200

Elaboración: Autoras

Información: Laboratorio de agua y suelos de la UTEQ

En la tabla 8 se muestra que el suelo en la hacienda bananera presenta una textura arenosa en su mayoría, a excepción del PM1, PM3, PM4 de la profundidad de 0-20 cm y en el PM3, PM4 de profundidad 20-40 cm con una textura de Arenoso Franco y en el (PM1) con una textura de Franco. La humedad obtenida de los análisis del suelo revelan que el valor más alto registrado es el PM1 (0-20) con 82,32% y el valor más bajo se presenta se presenta en el PM6 (0-20cm) con un 36,52%. De los datos obtenidos de los análisis realizados la materia orgánica, podemos observar que en la profundidad 0-20 cm se obtuvieron resultados que fluctuaron entre 19,13 y 0,80; y en la profundidad de 20 – 40 cm el valor fue 13,76 destacándose como el más alto y valor menor se fue 3,47. En relación con la conductividad eléctrica, en el suelo de la hacienda bananera se observa que 8 de las 14 muestras no cumplen con el valor estándar ambiental nacional que es de 200(μS/cm).

4.1.4. Análisis estadístico

4.1.4.1 Análisis de varianza

Se aplicó un análisis de varianza (ADEVA) a los datos de cadmio, cromo y plomo, considerando como tratamientos las dos profundidades de la toma de muestras y como repeticiones, el número de muestras tomadas en cada caso. Así, considerando un diseño completamente al azar, el ADEVA arrojó los siguientes resultados:

Tabla 9. Análisis estadístico del cadmio

Fuente	GL	SC	CME	Valor F	Valor P
C1	1	0,00259	0,002589	0,01	0,938
Error	12	4,96501	0,413751		
Total	13	4,96760			

Elaboración: Autoras

Tabla 10. Análisis estadístico del cromo

Fuente	GL	SC	CME	Valor F	Valor P
C1	1	2,409	2,409	0,17	0,687
Error	12	169,622	14,135		
Total	13	172,031			

Elaboración: Autoras

Tabla 11. Análisis estadístico del plomo

Fuente	GL	SC	CME	Valor F	Valor P
C1	1	2,161	2,161	0,43	0,524
Error	12	60,183	5,015		
Total	13	62,344			

Elaboración: Autoras

Como puede observarse en las tablas 9, 10 y 11, el análisis de varianza determinó que no existen diferencias significativas en la concentración de los metales pesados en los dos niveles de profundidad considerados.

4.1.4.2 Correlación de Pearson

Mediante el coeficiente de correlación de Pearson se determinaron las relaciones estadísticas entre las propiedades físicas y químicas del suelo, de modo que se lograra establecer la influencia de alguna característica física en las cantidades encontradas de metales pesados en las muestras de suelo analizadas.

Tabla 12. Correlación de Pearson 0-20cm

	pH	CE	MO	Cd	Cr
CE	-0,126				
MO	-0,312	0,523			
Cd	-0,700	-0,084	0,200		
Cr	-0,637	-0,044	0,188	0,981	
Pb	-0,525	0,084	0,299	0,944	0,938

Elaboración: Autoras

Los resultados del cálculo del coeficiente de correlación de Pearson en la profundidad de 0 a 20 cm muestran que las concentraciones de cadmio y cromo están fuertemente relacionadas, y en menor medida la influencia del plomo sobre el cadmio y del plomo sobre el cromo. No obstante, también se observa que el pH es el único factor fisicoquímico que interacciona de manera importante con los metales pesados, sobre todo con el cadmio, siendo su relación inversa.

Tabla 13. Correlación de Pearson 20-40cm

	pH	CE	MO	Cd	Cr
CE	-0,048				
MO	-0,113	0,533			
Cd	-0,120	-0,137	0,458		
Cr	-0,667	-0,029	0,316	0,962	
Pb	-0,530	0,021	0,138	0,895	0,904

Elaboración: Autoras

Los resultados del cálculo del coeficiente de correlación de Pearson en la profundidad de 20 a 40 cm muestran que las concentraciones de cadmio y cromo están fuertemente relacionadas, y en menor medida la influencia del plomo sobre el cadmio y del plomo sobre el cromo. No obstante, también se observa que el pH es el único factor fisicoquímico que interacciona de manera importante con los metales pesados, sobre todo con el cromo, siendo su relación menor e inversa al estándar ambiental nacional (6 - 8).

4.1.5. Propuesta de un plan de biorremediación de suelos contaminados por cadmio

Este plan se implementará con el fin de establecer medidas de prevención, control, mitigación y enmiendas a los agentes contaminantes para minimizar los posibles impactos ambientales negativos identificados durante la ejecución de actividades de operación y mantenimiento de la hacienda “Ignolia” en el cantón La Maná la cual tiene una superficie de 40,55 Has.

Tabla 14. Matriz estructural del plan de biorremediación

Plan	Aspecto ambiental	Impacto negativo	Medidas	Indicadores	Responsable	Tiempo	Frecuencia de ejecución	Medidas de verificación
Prevención y mitigación	Riego a la plantación por medio de aspersión	Contaminación a la plantación por aguas duras provenientes de minas	Control en base a monitoreos constantes para la verificación de la calidad del agua utilizada para el riego	$\frac{\# \text{Monitoreos propuestos}}{\# \text{Monitoreos ejecutados}} \times 100$	Administrador	1 año	Semestral	Informes técnicos, facturas, registros de monitoreo, fotografías
	Presencia de desechos sólidos	Generación de desechos sólidos de uso agrícola	– Elaborar un plan de gestión integral de los desechos plásticos de uso agrícola según lo establecido en el Acuerdo Ministerial 021	$\frac{\# \text{de medidas ejecutadas}}{\# \text{de medidas propuesta}} \times 100$	Administrador	5 años	Anual	Informes técnicos y fotografías
	Fumigación de mochila y aérea	Alteración de la calidad del suelo y agentes microbiológicos por la fumigación directa a la planta	– Disponer de acciones cautelares en cuanto a la fumigación de la planta; es decir, la fumigación deberá ser directamente al tallo de la planta sin involucrar el aérea que la rodea. – En la fumigación aérea se deberá mantener un control exhaustivo en cuanto a la velocidad y dirección del viento para realizar la fumigación únicamente en la plantación	$\frac{\# \text{de medidas ejecutadas}}{\# \text{de medidas propuesta}} \times 100$	Administrador	1 mes	Trimestral	Informes técnicos, facturas, registros de monitoreo, fotografías

Biorremediación										
Contaminación y alteración de la calidad del suelo por el metal pesado cadmio	–	Disminución de la calidad del suelo	Para aplicar la biorremediación de suelos contaminados por cadmio se ejecutara la técnica de electrobiorremediación ya que es una tecnología disponible y eficientes para dar un máximo aprovechamiento a las propiedades del suelo y de esa manera extraer contaminantes por metales pesados con el fin de aumentar la biodisponibilidad de nutrientes y facilitar a los microorganismos la producción de suelos fértiles a través de su proceso de biodegradación. A continuación se presenta el proceso a seguir para una correcta biorremediación de suelos:							
	–	Perdida de fertilidad del suelo								
	–	Contaminación de la planta y su producción	Materiales 2 electrodos Malla plástica Generador de energía (12 -15Kv)							
	–	Contaminación a fuentes subterráneas por lixiviación de los agentes contaminantes	Implementación Se cava un hoyo de 1m ² se colocan los 2 electrodos (cátodo y ánodo) a 65cm de distancia luego se envían descargas eléctricas de 12 Kv por 12 o 15 Seg. Se recalca que antes de ejecutar la técnica se deberá humedecer el suelo 24 horas antes, para obtener mejores resultados. Esta tecnología es aplicable para todo tipo de suelo.							
	–	Alteración a la calidad del aire por fumigaciones aéreas	Monitoreo Para la verificación de la eficiencia de la técnica se tomaran muestras de 7 puntos estratégicos en la hacienda a 40cm de profundidad, realizando un hoyo en forma de V, tomando 500g de muestra de los extremos derecho e izquierdo del hoyo y luego se lo almacena en una funda plástica ziploc para luego trasladarlos a el laboratorio acreditado para su respectivo análisis.							
				$\frac{\# \text{ de medidas ejecutadas}}{\# \text{ de medidas propuesta}} \times 100$	Ingeniero ambiental y administrador	Inmediato	Anual			Informes técnicos, facturas, registros de monitoreo, contratos, fotografías

Educación ambiental		– Afectaciones a la salud ocupacional de los trabajadores y poblaciones aledañas							
	Poco conocimiento sobre temas ambientales y de biorremediación de suelos contaminados	Desconocimiento sobre la contaminación de suelos por agroquímicos y sus efectos repercutantes como impactos negativos hacia el recurso.	Capacitar al personal involucrado en el manejo de agroquímicos y calidad de suelos	$\frac{\# \text{ Charlas realizadas}}{\# \text{ Charlas planificadas}} \times 100$	Ingeniero ambiental	1 mes	Anual (2 capacitaciones)	Registro de asistencia, fotografías, e informes técnicos	

Elaboración: Autoras

4.2. Discusión

En el diagnóstico del proceso productivo en la hacienda Ignolia se identificó que uno de los aspectos ambientales más importantes, además del uso de plaguicidas en el control de los cultivos, es la generación de residuos, principalmente plásticos, nylon, banano de rechazo, vástago o pinzote, envases de agroquímicos, sacos de fertilizantes, envases de combustible y envases de aceites. Este proceso fue similar a la investigación realizada por Vásquez (2006), quien según la caracterización ejecutada, encontró que el uso de agroquímicos en el proceso productivo se relaciona con los efectos ambientales, tales como la presencia de emisiones por la aspersión de agroquímicos y las alteraciones a la salud que se presentan, igualmente el uso del agua como recurso indispensable en ambos procesos productivos; estas diferencias en el uso se ven reflejadas a través de la utilización o no de sistemas de recircularización de las aguas en los sectores estudiados [46].

En relación con las propiedades físicas del suelo, las texturas dominantes fueron la arenosa, y franco arenosa, aunque hubo un solo caso de tipo franco; la materia orgánica tuvo valores que variaron entre 19,13% a 0,80%, y la conductividad eléctrica osciló entre 434 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 164,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En este contexto, una investigación desarrollada en Costa Rica por Fulvio Arias (2010), sobre algunas características fisicoquímicas de suelos dedicados al cultivo de banano en llanuras aluviales, se presentaron texturas que van desde arena franca hasta franco arcillosa, también se reportan valores de materia orgánica oscilando entre 0,2% y 8,2%, constituyendo un amplio intervalo de variación, cuya irregularidad se explica en términos de que los suelos tienen su origen en deposiciones aluviales frecuentes [47]. Los valores de conductividad eléctrica fueron similares a la investigación realizada en la provincia de EL Oro por Villaseñor (2015), los cuales oscilaron entre 0,50 dS/m y 0,02 dS/m determinando que el contenido es bajo porque en ambos casos se trata de suelos aluviales [48].

Las características química del suelo de la hacienda bananera definidas en términos de pH y metales pesados, mostraron que, los valores de pH oscilaron entre 4,87 y 5,27, revelando que los suelos son ácidos, lo cual coincide parcialmente con la investigación costarricense ya referida, dado que en las llanuras aluviales dedicadas al cultivo de banano, los valores

de pH registraron una variación entre 4,1 y 7,9, una variación mucho más amplia que el caso de La Maná donde todas las muestras resultaron ácidas [47].

De acuerdo con los resultados obtenidos de los metales pesados como cadmio cromo y plomo, los valores del cromo fluctuaron entre 17,93mg/kg y 5,5mg/kg, asimismo los valores obtenidos en el análisis de plomo fueron positivos ya que el más alto fue de 7,7mg/kg y el más bajo de 0,5mg/kg, ambos se mantuvieron dentro del rango nacional ambiental. En cambio en el análisis de cadmio los resultados obtenidos fueron negativos debido a que superan el límite máximo permisible debido a que los valores fluctuaron entre 2,58mg/kg y 0,53mg/kg y el valor estándar es 0,5mg/kg. Estos resultados fueron similares a los determinados por Cargua (2010); Los resultados de Pb, Cd y Zn indican que las concentraciones promedio de plomo, cadmio y zinc fluctuaron entre 0.023 a 4.52 ppm, 0.035 a 2.079 ppm y de 1.89 a 9.28 ppm en las provincias de Esmeraldas, Manabí, Los Ríos, Guayas, Santa Elena, El Oro y Azuay. Observándose que los resultados encontrados indican que la mayoría de los cultivos no sobrepasan los límites permisibles, a excepción de suelos de El Oro (Sta. Rosa) y Los Ríos (Montalvo) donde se encuentran que han sobrepasado los límites permisibles [48].

Para la determinación del análisis estadístico del presente proyecto se aplicaron varios métodos como análisis de la varianza (ADEVA), considerando un diseño completamente al azar el cual determino que no existen diferencias significativas en ningunas de las dos profundidades analizadas, también se aplicó el análisis de correlación de Pearson para determinar qué relación tienen las concentraciones de los parámetros físicos y químicos, esta correlación determino que existe una fuerte relación entre cadmio y cromo, asimismo se observa que el pH es el único factor fisicoquímico que interacciona de manera importante con los metales pesados. En la investigación Chilena elaborada por Isabel González (2008), Se encontraron fuertes variaciones en las concentraciones de cobre en los suelos estudiados. Los suelos en ambos sitios presentaron valores de pH en el rango de 3,9-5,9. Los resultados del análisis de la varianza entre cobre total y soluble indican una relación significativa ($P < 0,05$), pero el modelo solo satisface un 51 % de la varianza. Al agregar la variable pH al modelo, y luego de aplicar transformación logarítmica a los datos, la regresión arrojó una correlación significativa entre las tres variables ($P < 0,001$) y el modelo es capaz de satisfacer el 84 % de la varianza [49].

Capítulo 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Las principales fuentes de contaminación identificadas en los suelos de la hacienda Ignolia se deben al uso de agroquímicos los cuales son aplicados mediante vía aérea y terrestre para el control de plagas como el Sigatoka, provocando un elevado contenido de cadmio en el suelo. Esto se debe principalmente a que la plantación está expuesta a constante fumigaciones.
- En la caracterización de las propiedades físicas y químicas del suelo a la profundidad de 0-20cm y de 20-40 cm se identificó que la concentración del pH es de (5,2 – 5,07); respectivamente, se encuentra por debajo de lo establecido en la legislación ambiental lo que indica que el suelo se encuentra en un nivel ácido y esto se debe al uso de fertilizantes con altos contenidos de fosfatos y carbonatos; sin embargo, en el cadmio se asemejaron valores entre (1,12 – 1,09); encontrándose por encima del límite máximo permisible debido al uso de los fertilizantes y plaguicidas yaramila con alto contenido de nitrógeno y fosforo, dithane que contiene carbonatos y bravo el cual está compuesto por cloro. Los dos metales pesados restantes como son el cromo y plomo; se observaron concentraciones pequeñas e inferiores al estándar ambiental nacional.
- El análisis de la varianza determinó que no existe diferencias significativas en las concentraciones de los metales pesados evaluados en los dos niveles de profundidad considerados lo cual, si se toma en cuenta la textura poco arcillosa del suelo identificado en la matriz y valores moderados de materia orgánica, significa que el proceso de acumulación de metales pesados en el suelo agrícola de la hacienda Ignolia es incipiente.
- Todos los valores evaluados cumplen con el estándar ambiental estipulado en el Acuerdo Ministerial 097, Anexo II, a excepción del cadmio el cual supera el límite máximo permisible que es de 0,5 mg/kg. para lo cual se aplicó el método de electrorremediación para remover el metal pesado (cadmio) en el suelo de la hacienda bananera Ignolia del cantón La Maná.

5.2. Recomendaciones

- Es recomendable realizar análisis semestrales o anuales para verificar y tener un mayor control de los metales existentes en el suelo agrícola de la hacienda bananera la Ignolia.
- Es importante que se impulse la investigación de la dinámica en el suelo de los metales pesados provenientes de los agroquímicos, dado que el Ecuador es un país agrícola y no hay información científica en cantidad y calidad suficiente para conocer el impacto de las prácticas agrícolas en la calidad del suelo.
- En base a todos los resultados obtenidos, se recomienda adoptar medidas correctivas que permitan alcanzar una situación de riesgo admisible para evitar el uso excesivo de fertilizantes que contenga químicos que continúen alterando el exceso de metales pesados.
- El plan de biorremediación debe evaluar los metales pesados indicados sin embargo es importante también que se actualice periódicamente y se optimice su estructura y contenido en función de los resultados que se obtenga de su aplicación en el transcurso de tiempo.

Capítulo 6
BIBLIOGRAFÍA

- 1 Hernán ETLEYVCF. Repositorio UTC. [Internet]. 2011 [cited 2016 Agosto 21]. Available from: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/845/1/T-UTC-0611.pdf>.

- 2 INEC. Reporte estadístico del SECTOR AGROPECUARIO. [Internet]. 2011 [cited 2016 Marzo 16]. Available from: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Presentaciones/espac_2010.pdf.

- 3 Valladares GS, Camargo OAd, Carvalho JRPd, Silva AMC. Scientia Agricola: Assessment of heavy metals in soils of a vineyard region with the use of principal component analysis. Brasil 2009. p. 361-367.

- 4 German Rueda Saa JARRMM. Metodologías para establecer valores de referencia de metales pesados en suelos agrícolas: Perspectivas para Colombia. Redalyc. 2011 Octubre 07;60(3):1465-1472.

- 5 Chang G. A methodology for establishing phytotoxicity criteria for chromium, copper, nickel, and zinc in agricultural land application of municipal sewage sludges. Journal Environmental Quality. 1992;21(1).

- 6 FAO. Los Fertilizantes y su Uso. Cuarta Edición ed. Roma 2002.

- 7 LLC B. Edafología. USA: Reference Series; 2011.

- 8 Diana Paredes Guarderas JAPB. Recuperacion de suelos contaminados con agroquimicos en el cultivo de palma utilizando humatos y zeolitas naturales en el Cantón San Lorenzo. Quito: Universidad de Las Americas; 2009. Available from: [https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj3mZ_CwMrLAhUDNiYKHRt-ALMQFggfMAE&url=http%3A%2F%2Fdspace.udla.edu.ec%2Fbitstream%2F33000%](https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj3mZ_CwMrLAhUDNiYKHRt-ALMQFggfMAE&url=http%3A%2F%2Fdspace.udla.edu.ec%2Fbitstream%2F33000%2F)

2F2254%2F1%2FUDLA-EC-TIAM-2009-04.pdf&usg=AFQjCNGhWaxLhHVDM6CgdT085lfvqv.

- 9 Ciro Velásquez HJ, Montoya López ML, Millán Cardona LdJ. Caracterización de Propiedades Mecánicas Del Banano (Cavendish Valery). Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín. 2005;58:2988.
- 10 Barcos IM. CIBE-ESPOL. [Internet]. [cited 2017 Enero 17]. Available from: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://www.campocolima.gob.mx/sitiosproducto/coeplatano/documentos/bananosplatanos.pdf>.
- 11 097 AM. Anexo 2. Quito: Lexis; 2015.
- 12 Dávalos ISIJ. Manual de Aplicabilidad de Buenas Prácticas Agrícolas de Banano. [Internet]. 2015 [cited 2017 Enero 11]. Available from: <http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/pdf/inocuidad/manuales-aplicabilidad/manual-banano.pdf>.
- 13 Obando. IAMAEMIAMLVVIAEL. Manejo Ecológico del Picudo Negro (Cosmopolites sordidus) en Banano y Platano. INIAP; 2003. 225. Available from: http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/MANEJO_ECOLOGICO_DEL_PICUDO_NEGRO_Cosmopolites_sordidus_Germar_EN%20PLATANO.pdf.
- 14 Piedrahita ÓAG. El Nematodo Barrenador (Radopholus similis) del Banano y Plátano. Scielo. 2011 Octubre 04 153.
- 15 Guzmán IMyM. UNEP. [Internet]. 2011 [cited 2017 Enero 15]. Available from: <http://cep.unep.org/repicar/proyectos-demostrativos/costa-rica-1/publicaciones-corbana/PLEGABLE%20DIVULGATIVO%20Nb0%201-2011%20-MOKO.pdf>.

- 16 Gloria Arévalo de Gauggel MC. Programa de Manejo Integrado de Plagas en América Central “PROMIPAC”. Honduras: Darlan Esteban Matute López; 2009 Escuela Agrícola Panamericana, Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Available from:
http://www.se.gob.hn/media/files/media/Modulo_6_Manual_Fertilizantes_y_Enmiendas.pdf.
- 17 E. P. La Ciencia del Suelo y su Manejo. Primera ed. Madrid, España 2005.
- 18 SEMARNAT. Trámites SEMARNAT. [Internet]. 2016 [cited 2017 Enero 24]. Available from: <http://tramites.semarnat.gob.mx/Doctos/DGGIMAR/Guia/07-015AD/clasificaciones.pdf>.
- 19 Andrea Campo Escobar Julieth MGKOAKOC. Slideshare. [Internet]. 2014 [cited 2017 Enero 21]. Available from: <http://es.slideshare.net/machadobervel/contaminacin-de-suelos-por-plaguicidas>.
- 20 Camazano MJSMYMS. Digital CSIC. [Internet]. 1984 [cited 2017 Enero 23]. Available from: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/12919/1/plaguicidas.pdf>.
- 21 Dorronsoro IGC. Edafología y los Suelos. [Internet]. 2015 [cited 2017 Enero 20]. Available from: <http://www.edafologia.net/conta/tema00/home.htm>.
- 22 J. Eweis SEDCES. Principios de Biorrecuperación. Madrid: McGrawHil Interamericana de España; 1999.
- 23 Ignacio Morell L. Plaguicidas, aspectos ambientales, analíticos y toxicológicas. Castello de la Plano: Publicaciones ; 1998.

- 24 Virginia Aparicio EdGKHGDPRPCV. Los plaguicidas agregados al suelo y su destino en el ambiente. Primera ed. Argentina: INTA; 2015.
- 25 Vt. M. Slideshare. [Internet]. 2015 [cited 2016 Noviembre 13]. Available from: <http://es.slideshare.net/MilagrosVogt/power-pesticidas>.
- 26 Imelda Félix FMMCMP. Avances de investigación del proyecto determinacion de metales contaminantes en cultivos de exportacion y su repercusión sobre la calidad de los mismos. Quevedo: INIAP; 2015 Junio. Available from: <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/5-Determinacion-de-metales-contaminantes-Felix-I.pdf>.
- 27 M.C. Raul Cuevas Gonzales IJLSCIJABDLC. Manual de prácticas: Campo y Laboratorio. Chiapas - Mexico: Universidad Autónoma de Chiapas; 2012. Available from: <http://es.slideshare.net/kalvo56/manual-de-practicas-de-edafologia-para-ing-forestal>.
- 28 Gines Navarro Garcia SNG. Química agrícola: química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas. Tercera ed. Madrid: Mundiprensa; 2013.
- 29 Jaume Porta MLRP. Introducción a la Edafología: Uso y protección de suelos. Tercera ed. Cataluña España: Mundi Prensa; 2014.
- 30 Morales NBO. Fitorremediación de suelo contaminado por plomo (pb), cadmio (cd) y arsenico (as) mediante la especie vegetal nicotiana glauca G.. Torreón Coahuila, México: Universidad Autónoma Agraria "ANTONIO Narro" Unidad Laguna; 2009. Available from: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2573/NATALIA%20ORTEGA%20MORALES.pdf?sequence=1>.

- 31 Xavier Domenech JP. Química Ambiental de Sistemas Terrestres. Primera ed. Barcelona: Reverté; 200.
- 32 Alloway B. Heavy Metals in Soils. Tercera ed. New York: Springer; 2013.
- 33 Rodrigo Lora Silva HBG. Remediación de un suelo de la cuenca de la cuenca alta del río Bogotá contaminado con los metales pesados plomo y cadmio. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica. 2010 Julio;13(II):70.
- 34 Ismael Acosta JFCDAHymGMZ. Remoción de Cromo (VI) en Solución Acuosa por la Biomasa Celular de *Paecilomyces* sp. Scielo Analytics. 2008;19(1):774.
- 35 Trejo TVSyJAV. Tecnologías de remediación para suelos contaminados. Vol 5. Mexico: INE-SEMARNAT; 2002.
- 36 Trejo DTLVSyMeCJAV. Biodegradación de hidrocarburos del petróleo en suelos in temperizados mediante composteo. Dirección de Investigación en Residuos y Proyectos Regionales; 2003. Available from: <http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgcenica/composteo2003>.
- 37 Imelda Félix FMMCyMP. Determinación de metales contaminantes en cultivos de exportación y su repercusión sobre la calidad de los mismos. SECSUELO. 2015 Junio;1.
- 38 Jessica Cargua FMMCyWD. Determinación de las formas de Cu, Cd, Ni, Pb y Zn y su biodisponibilidad en suelos agrícolas del Litoral Ecuatoriano. Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo SECSUELO. 20105 Junio.

- 39 Beatriz Pernía AdSRRMC. Biomarcadores de contaminación por cadmio en las plantas. *Interciencia*. 2008;33(2):119.
- 40 J. C. Rey GMGRDLEDJTLPFR. Aspectos sobre calidad y salud de suelos bananeros en Venezuela. *Producción Agropecuaria*. 2009;2(1):55.
- 41 Eduardo Delgado FRJTMVyLP. índice de calidad y salud para plantaciones bananeras en cuatro países de América Latina y El Caribe. *BIOAGRO*. 2010;22(1):60.
- 42 Ecuador ANd. Constitución de la República. Quito 2008.
- 43 Ecuatoriana SIdL. Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. Lexis S.A. ed. Quito 2004.
- 44 Ambiente Md. Acuerdo Ministerial 061. Quito 2015.
- 45 Maná GML. GAD Municipal La Maná. [Internet]. 2015 [cited 2016 Octubre 13]. Available from: <http://www.lamana.gob.ec/pagina.php?id=8>.
- 46 José Alfredo Vásquez MCA,LDVAGGEJDO. Efectos Ambientales y Socioeconómicos de los Procesos Productivos del Café y del Banano: Una Mirada Multifactorial. *EAFIT*. 2006;10(23):29.
- 47 Fulvio Arias RMAAESJL. Caracterización química y clasificación taxonómica de algunos suelos cultivados con banano en las llanuras aluviales del caribe de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 2010;34(2):195.
- 48 Diego Villaseñor JCLE. Caracterización física y clasificación taxonómica de algunos

suelos dedicados a la actividad agrícola de la provincia de El Oro. Cumbres. 2015;1(2):28-34.

49 Cargua J. Determinación de las formas de Cd, Pb y Zn en suelos agrícolas del litoral ecuatoriano. SECSUELO. 2010;1(325):17.

50 Isabel González VMMCyAN. Acumulación de cobre en una comunidad vegetal afectada por contaminación minera en el valle de Puchuncaví, Chile central. Scielo. 2008;81(279):291.

51 EBYSOS. EBYSOS Servicios Analíticos, Consultoría Técnica. [Internet]. 2013 [cited 2017 Enero 25]. Available from: <http://ebysos.com/eby/ficha-tecnica-insecticidas-carmabatos-5.pdf>.

52 Juana Alvarado Ibarra KNPKTSCVO. Electrobiorremediación, una técnica innovadora para la limpieza de suelos contaminados. CTS Epistemos. 2015;45(30):99.

53 Medina JU. Tratamiento de suelo contaminado con HTP's en un sistema de electrobiorremediación con recirculación. San Dimas, Durango: Instituto Tecnológico de Durango; 2008. Available from: <http://tecno.cruzfierro.com/cursos/2008a/miq-seminario/unzueta-protocolo>.

Capítulo 7

ANEXOS

7.1. Preguntas de entrevista al propietario y administrador de la Hacienda Ignolia

Preguntas para el propietario

1. ¿Cuál es la extensión de la hacienda?

.....

2. ¿Cuántos trabajadores tiene la hacienda?

.....

3. ¿Cuál es el proceso de producción semanal de la hacienda?

.....

Preguntas para el administrador

1. ¿Cuál es el proceso de producción general de la hacienda?

.....

2. ¿Con que frecuencia realizan la fumigación aérea?

.....

3. ¿Con que frecuencia realizan la fertilización?

.....

4. ¿Qué cantidad de agroquímicos utilizan para la fumigación aérea y fertilización?

.....

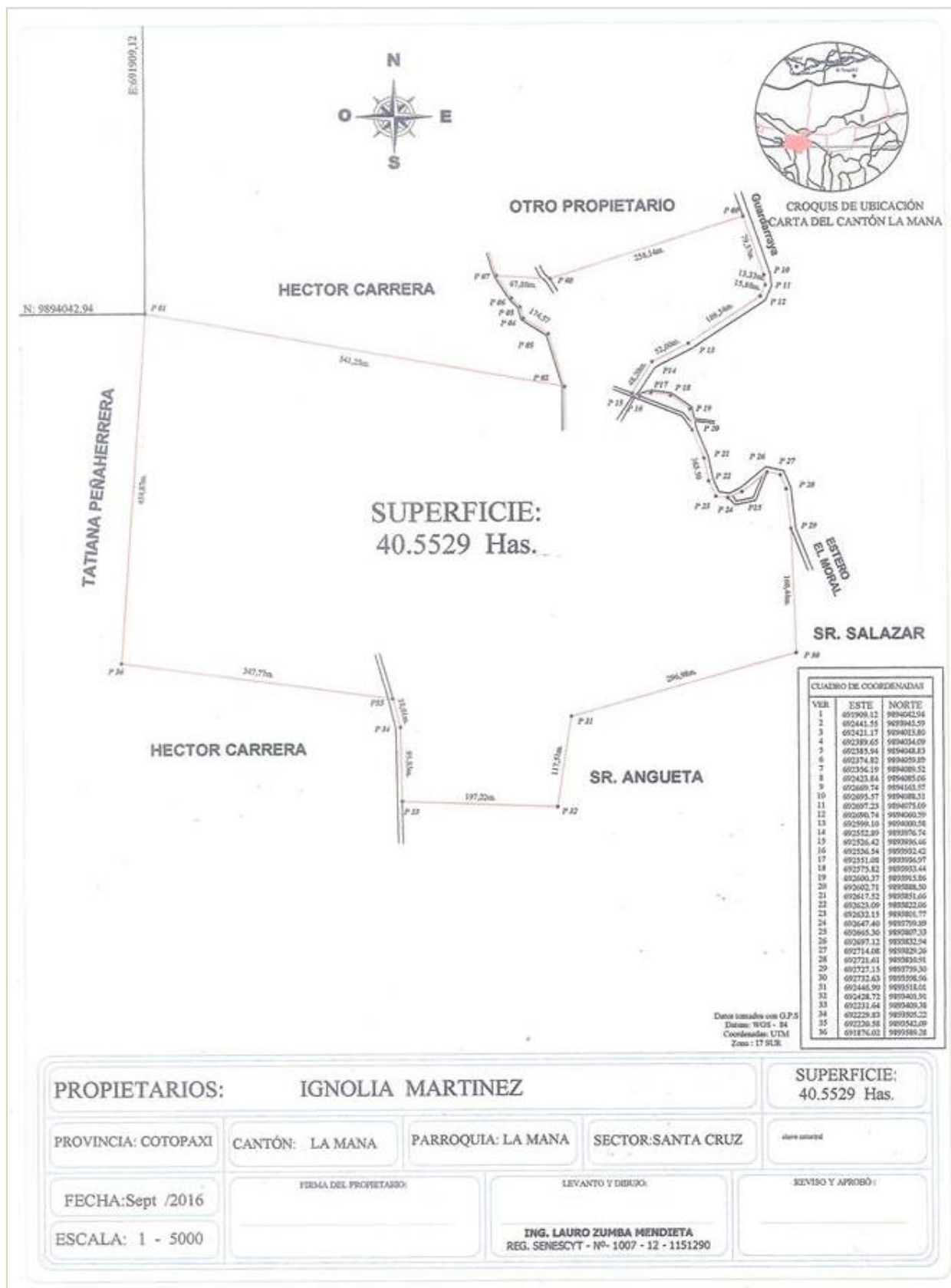
5. ¿Quién realiza la fumigación aérea y fertilización de la hacienda?

.....

6. ¿Dónde se depositan o evacuan los residuos que genera la hacienda?

.....

7.2. Plano de la Hacienda Ignolia



7.3. Proceso de producción del banano



Fotografía 1. Deshije



Fotografía 2. Deshoje



Fotografía 3. Apuntalamiento



Fotografía 4. Captación de agua para el riego



Fotografía 5. Sistema de riego del Banano



Fotografía 6. Enfunde del banano



Fotografía 7. Desmane



Fotografía 8. Cirugía



Fotografía 9. Destore



Fotografía 10. Eliminación de vaina seca



Fotografía 11. Cochinilla (*Dysmicoccus brevipes*)



Fotografía 12. Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*)



Fotografía 13. Fumigación directa a la planta



Fotografía 14. Fertilización a caballo



Fotografía 15. Calibrador de Banano



Fotografía 16. Corte del Banano



Fotografía 17. Transporte del Banano



Fotografía 18. Calificador del Banano



Fotografía 19. Desflore



Fotografía 20. Desmane del Banano



Fotografía 21. Limpieza del Banano



Fotografía 22. Separación de dedos



Fotografía 23. Eliminación de látex



Fotografía 24. Pesado



Fotografía 25. Etiquetado



Fotografía 26. Fumigación de la corona del banano



Fotografía 27. Mertect



Fotografía 28. Fungaflor



Fotografía 29. Armada de cajas



Fotografía 30. Colocación del producto en la caja



Fotografía 31. Aspirada del aire de las fundas



Fotografía 32. Transporte

7.4. Informe del laboratorio de Suelos (Escaneado)

	INFORME DE ENSAYOS No. 62889-1	LABORATORIO DE ENSAYOS ACREDITADO POR EL SAE CON ACREDITACION No. OAE LE 2C 05-001
---	--	---

MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE

Representante Legal: MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE

Av. Manabí, Cda. Juan Montalvo Cantón El Empalme

El Empalme, Tel. 2962150/0985557266

Atención: Srta. Genesis Medina

Tipo de Industria

Guayaquil, 30 DE NOVIEMBRE DEL 2016

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 21/11/2016 12:20 La Mana Sector El Moral

Fecha y Hora de Recepción: 22/11/2016 14:31

Punto e Identificación de la Muestra: Punto de muestreo # 1 - Prof 0-20 cm

Norma Técnica de muestreo (1): N/A

Matriz de la muestra: SUELOS

Muestreado por: MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE

Muestreador: Cliente

Tipo de Muestreo: No Aplica

GRUPO QUIMICO MARCOS Cia. Ltda.
LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL
ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS
MC2201-11

LMP de acuerdo a la Norma: ANEXO 2 LIBRO VI DEL TULSMA ACUERDO 097A TABLA 1 CRITERIOS DE CALIDAD DE SUELO

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Método Analítico	Analizado
METALES:						
Cadmio (1)	2,5842	---	mg/Kg	< 0,5000	3120 B	25/11/2016 ER
Cromo Total (1)	17,9303	---	mg/Kg	< 54,0000	3120 B	25/11/2016 ER
Plomo	7,7	2,5	mg/Kg	< 19,0	PEE-GQM-FQ-54	25/11/2016 ER

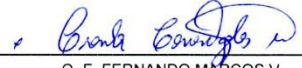
----	No Aplica	N.E.	No Efectuado	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition
< LD	Menor al Límite Detectable	L.M.P.	Límite Máximo Permisible	
U	Incertidumbre	P.E.E.	Procedimiento específico de ensayo de GQM	

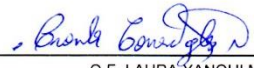
1: Parámetros/Actividad de muestreo, no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE. La cadena de custodia se asegura mediante PG0905

2: Parámetros subcontratados no acreditados

3: Parámetros acreditados cuyos resultados están fuera del alcance de acreditación

4: Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista, competencia evaluada - Cap. 5 MC; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec


Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico


Q. F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule

Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653

www.grupoquimicomarcos.com

Guayaquil - Ecuador

MC2201-11

Pág. 1 de 2

	INFORME DE ENSAYOS No. 62890-1	LABORATORIO DE ENSAYOS ACREDITADO POR EL SAE CON ACREDITACION No. OAE LE 2C 05-001
---	--	---

MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE

Representante Legal: MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE

Av. Manabí, Cda. Juan Montalvo Cantón El Empalme

El Empalme, Tel. 2962150/0985557266

Atención: Srta. Genesis Medina

Tipo de Industria

Guayaquil, 30 DE NOVIEMBRE DEL 2016

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 21/11/2016 12:23 La Mana Sector El Moral
 Fecha y Hora de Recepción: 22/11/2016 14:31
 Punto e Identificación de la Muestra: Punto de muestreo # 1 - Prof 20-40 cm
 Norma Técnica de muestreo (1): N/A
 Matriz de la muestra:
 Muestreado por: MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE
 Muestreador: Cliente
 Tipo de Muestreo: No Aplica

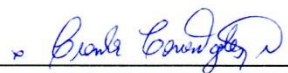
GRUPO QUIMICO MARCOS Cia. Ltda.
 LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL
 ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS
 MC2201-11

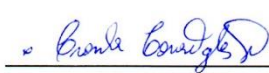
LMP de acuerdo a la Norma: ANEXO 2 LIBRO VI DEL TULSMA ACUERDO 097A TABLA 1 CRITERIOS DE CALIDAD DE SUELO

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Método Analítico	Analizado
METALES:						
Cadmio (1)	2,4038	---	mg/Kg	< 0,5000	3120 B	25/11/2016 ER
Cromo Total (1)	14,7769	---	mg/Kg	< 54,0000	3120 B	25/11/2016 ER
Plomo	7,2	2,4	mg/Kg	< 19,0	PEE-GQM-FQ-54	25/11/2016 ER

----	No. Aplica	N.E.	No Efectuado	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition
< LD	Menor al Límite Detectable	L.M.P.	Límite Máximo Permissible	
U	Incertidumbre	P.E.E.	Procedimiento específico de ensayo de GQM	

- 1: Parámetros/Actividad de muestreo, no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE. La cadena de custodia se asegura mediante PG0905
 2: Parámetros subcontratados no acreditados
 3: Parámetros acreditados cuyos resultados están fuera del alcance de acreditación
 4: Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista, competencia evaluada - Cap. 5 MC; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec


 Q. F. FERNANDO MARCOS V.
 Director Técnico


 Q. F. LAURA YANQUI M.
 Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
 Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
 Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
 Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653
www.grupoquimicomarcos.com
 Guayaquil - Ecuador

MC2201-11

Pág. 1 de 2

	INFORME DE ENSAYOS No. 62890-1	LABORATORIO DE ENSAYOS ACREDITADO POR EL SAE CON ACREDITACION No. OAE LE 2C 05-001
---	--	---

MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE

Representante Legal: MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE

Av. Manabí, Cda. Juan Montalvo Cantón El Empalme

El Empalme, Tel. 2962150/0985557266

Atención: Srta. Genesis Medina

Tipo de Industria

Guayaquil, 30 DE NOVIEMBRE DEL 2016

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 21/11/2016 12:23 La Mana Sector El Moral
 Fecha y Hora de Recepción: 22/11/2016 14:31
 Punto e Identificación de la Muestra: Punto de muestreo # 1 - Prof 20-40 cm
 Norma Técnica de muestreo (1): N/A
 Matriz de la muestra:
 Muestreado por: MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE
 Muestreador: Cliente
 Tipo de Muestreo: No Aplica

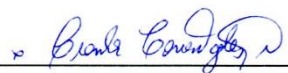
GRUPO QUIMICO MARCOS Cia. Ltda.
 LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL
 ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS
 MC2201-11

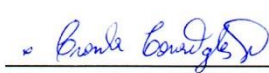
LMP de acuerdo a la Norma: ANEXO 2 LIBRO VI DEL TULSMA ACUERDO 097A TABLA 1 CRITERIOS DE CALIDAD DE SUELO

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Método Analítico	Analizado
METALES:						
Cadmio (1)	2,4038	---	mg/Kg	< 0,5000	3120 B	25/11/2016 ER
Cromo Total (1)	14,7769	---	mg/Kg	< 54,0000	3120 B	25/11/2016 ER
Plomo	7,2	2,4	mg/Kg	< 19,0	PEE-GQM-FQ-54	25/11/2016 ER

----	No. Aplica	N.E.	No Efectuado	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition
< LD	Menor al Límite Detectable	L.M.P.	Límite Máximo Permissible	
U	Incertidumbre	P.E.E.	Procedimiento específico de ensayo de GQM	

- 1: Parámetros/Actividad de muestreo, no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE. La cadena de custodia se asegura mediante PG0905
 2: Parámetros subcontratados no acreditados
 3: Parámetros acreditados cuyos resultados están fuera del alcance de acreditación
 4: Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista, competencia evaluada - Cap. 5 MC; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec


 Q. F. FERNANDO MARCOS V.
 Director Técnico


 Q. F. LAURA YANQUI M.
 Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
 Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
 Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
 Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653
www.grupoquimicomarcos.com
 Guayaquil - Ecuador

MC2201-11

Pág. 1 de 2



INFORME DE ENSAYOS
No. 62891-1

LABORATORIO DE ENSAYOS
ACREDITADO POR EL SAE
CON ACREDITACION No.
OAE LE 2C 05-001

MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE

Representante Legal: MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE

Av. Manabí, Cda. Juan Montalvo Cantón El Empalme

El Empalme, Tel. 2962150/0985557266

Atención: Srta. Genesis Medina

Tipo de Industria

Guayaquil, 30 DE NOVIEMBRE DEL 2016

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 21/11/2016 12:23 La Mana Sector El Moral
Fecha y Hora de Recepción: 22/11/2016 14:31
Punto e Identificación de la Muestra: Punto de muestreo # 2 - Prof 0-20 cm
Norma Técnica de muestreo (1): N/A
Matriz de la muestra: SUELOS
Muestreado por: MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE
Muestreador: Cliente
Tipo de Muestreo: No Aplica

GRUPO QUIMICO MARCOS Cia. Ltda.
LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL
ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS
MC2201-11

LMP de acuerdo a la Norma: ANEXO 2 LIBRO VI DEL TULSMA ACUERDO 097A TABLA 1 CRITERIOS DE CALIDAD DE SUELO

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Método Analítico	Analizado
METALES:						
Cadmio (1)	0,8049	---	mg/Kg	< 0,5000	3120 B	25/11/2016 ER
Cromo Total (1)	7,3821	---	mg/Kg	< 54,0000	3120 B	25/11/2016 ER
Plomo	2,6	0,9	mg/Kg	< 19,0	PEE-GQM-FQ-54	25/11/2016 ER

----	No. Aplica	N.E.	No Efectuado	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition
< LD	Menor al Límite Detectable	L.M.P.	Límite Máximo Permisible	
U	Incertidumbre	P.E.E.	Procedimiento específico de ensayo de GQM	

- 1: Parámetros/Actividad de muestreo, no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE. La cadena de custodia se asegura mediante PG0905
2: Parámetros subcontratados no acreditados
3: Parámetros acreditados cuyos resultados están fuera del alcance de acreditación
4: Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista, competencia evaluada - Cap. 5 MC; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec

Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico

Q. F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653
www.grupoquimicomarcos.com
Guayaquil - Ecuador

MC2201-11

Pág. 1 de 2

	INFORME DE ENSAYOS No. 62892-1	LABORATORIO DE ENSAYOS ACREDITADO POR EL SAE CON ACREDITACION No. OAE LE 2C 05-001
---	--	---

MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE

Representante Legal: MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE

Av. Manabí, Cda. Juan Montalvo Cantón El Empalme

El Empalme, Tel. 2962150/0985557266

Atención: Srta. Genesis Medina

Tipo de Industria

Guayaquil, 30 DE NOVIEMBRE DEL 2016

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 21/11/2016 12:42 La Mana Sector El Moral
 Fecha y Hora de Recepción: 22/11/2016 14:31
 Punto e Identificación de la Muestra: Punto de muestreo # 2- Prof 20-40 cm
 Norma Técnica de muestreo (1): N/A
 Matriz de la muestra: SUELOS
 Muestreado por: MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE
 Muestreador: Cliente
 Tipo de Muestreo: No Aplica

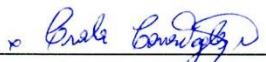
GRUPO QUIMICO MARCOS Cia. Ltda.
 LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL
 ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS
MC2201-11

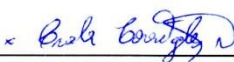
LMP de acuerdo a la Norma: ANEXO 2 LIBRO VI DEL TULSMA ACUERDO 097A TABLA 1 CRITERIOS DE CALIDAD DE SUELO

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Método Analítico	Analizado
METALES:						
Cadmio (1)	0,8479	---	mg/Kg	< 0,5000	3120 B	25/11/2016 ER
Cromo Total (1)	7,9246	---	mg/Kg	< 54,0000	3120 B	25/11/2016 ER
Plomo	1,5	0,5	mg/Kg	< 19,0	PEE-GQM-FQ-54	25/11/2016 ER

----	No. Aplica	N.E.	No Efectuado	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition
< LD	Menor al Límite Detectable	L.M.P.	Límite Máximo Permissible	
U	Incertidumbre	P.E.E.	Procedimiento específico de ensayo de GQM	

1: Parámetros/Actividad de muestreo, no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE. La cadena de custodia se asegura mediante PG0905
 2: Parámetros subcontratados no acreditados
 3: Parámetros acreditados cuyos resultados están fuera del alcance de acreditación
 4: Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista, competencia evaluada - Cap. 5 MC; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec


 Q. F. FERNANDO MARCOS V.
 Director Técnico


 Q. F. LAURA YANQUI M.
 Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
 Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
 Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
 Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653
www.grupoquimicomarcos.com
 Guayaquil - Ecuador

MC2201-11

Pág. 1 de 2

	INFORME DE ENSAYOS No. 62893-1	LABORATORIO DE ENSAYOS ACREDITADO POR EL SAE CON ACREDITACION No. OAE LE 2C 05-001
---	--	--

MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE

Representante Legal: MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE

Av. Manabí, Cda. Juan Montalvo Cantón El Empalme

El Empalme, Tel. 2962150/0985557266

Atención: Srta. Genesis Medina

Tipo de Industria

Guayaquil, 30 DE NOVIEMBRE DEL 2016

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 21/11/2016 13:00 La Mana - Sector El Moral
 Fecha y Hora de Recepción: 22/11/2016 14:34
 Punto e Identificación de la Muestra: Punto de muestreo # 3 - Prof 0 - 20 cm
 Norma Técnica de muestreo (1): N/A
 Matriz de la muestra: SUELOS
 Muestreado por: MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE
 Muestreador: Cliente
 Tipo de Muestreo: No Aplica

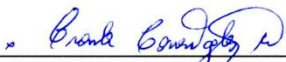
GRUPO QUIMICO MARCOS Cia. Ltda.
 LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL
 ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS
 MC2201-11

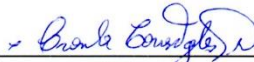
LMP de acuerdo a la Norma: ANEXO 2 LIBRO VI DEL TULSMA ACUERDO 097A TABLA 1 CRITERIOS DE CALIDAD DE SUELO

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Método Analítico	Analizado
METALES:						
Cadmio (1)	0,9010	---	mg/Kg	< 0,5000	3120 B	25/11/2016 ER
Cromo Total (1)	6,2180	---	mg/Kg	< 54,0000	3120 B	25/11/2016 ER
Plomo	2,2	0,7	mg/Kg	< 19,0	PEE-GQM-FQ-54	25/11/2016 ER

----	No. Aplica	N.E.	No Efectuado	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition
< LD	Menor al Límite Detectable	L.M.P.	Límite Máximo Permisible	
U	Incertidumbre	P.E.E.	Procedimiento específico de ensayo de GQM	

- 1: Parámetros/Actividad de muestreo, no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE. La cadena de custodia se asegura mediante PG0905
 2: Parámetros subcontratados no acreditados
 3: Parámetros acreditados cuyos resultados están fuera del alcance de acreditación
 4: Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista, competencia evaluada - Cap. 5 MC; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec


 Q. F. FERNANDO MARCOS V.
 Director Técnico


 Q. F. LAURA YANQUI M.
 Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
 Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
 Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
 Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653
www.grupoquimicomarcos.com
 Guayaquil - Ecuador

MC2201-11

Pág. 1 de 2

	INFORME DE ENSAYOS No. 62894-1	LABORATORIO DE ENSAYOS ACREDITADO POR EL SAE CON ACREDITACION No. OAE LE 2C 05-001
---	--	---

MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE

Representante Legal: MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE

Av. Manabí, Cda. Juan Montalvo Cantón El Empalme

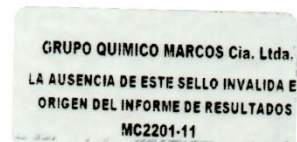
El Empalme, Tel. 2962150/0985557266

Atención: Srta. Genesis Medina

Tipo de Industria

Guayaquil, 30 DE NOVIEMBRE DEL 2016

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 21/11/2016 13:03 La Mana - Sector El Moral
 Fecha y Hora de Recepción: 22/11/2016 14:34
 Punto e Identificación de la Muestra: Punto de muestreo # 3 - Prof 20 - 40 cm
 Norma Técnica de muestreo (1): N/A
 Matriz de la muestra: SUELOS
 Muestreado por: MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE
 Muestreador: Cliente
 Tipo de Muestreo: Simple

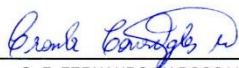


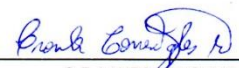
LMP de acuerdo a la Norma: ANEXO 2 LIBRO VI DEL TULSMA ACUERDO 097A TABLA 1 CRITERIOS DE CALIDAD DE SUELO

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Método Analítico	Analizado
METALES:						
Cadmio (1)	1,1757	---	mg/Kg	< 0,5000	3120 B	25/11/2016 ER
Cromo Total (1)	8,7116	---	mg/Kg	< 54,0000	3120 B	25/11/2016 ER
Plomo	1,1	0,4	mg/Kg	< 19,0	PEE-GQM-FQ-54	25/11/2016 ER

----	No Aplica	N.E.	No Efectuado	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition
< LD	Menor al Límite Detectable	L.M.P.	Límite Máximo Permissible	
U	Incertidumbre	P.E.E.	Procedimiento específico de ensayo de GQM	

- 1: Parámetros/Actividad de muestreo, no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE. La cadena de custodia se asegura mediante PG0905
 2: Parámetros subcontratados no acreditados
 3: Parámetros acreditados cuyos resultados están fuera del alcance de acreditación
 4: Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista, competencia evaluada - Cap. 5 MC; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec


 Q. F. FERNANDO MARCOS V.
 Director Técnico


 Q. F. LAURA YANQUI M.
 Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
 Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
 Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
 Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653
www.grupoquimicomarcos.com
 Guayaquil - Ecuador

MC2201-11

Pág. 1 de 2

	INFORME DE ENSAYOS No. 62895-1	LABORATORIO DE ENSAYOS ACREDITADO POR EL SAE CON ACREDITACION No. OAE LE 2C 05-001
---	--	---

MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE

Representante Legal: MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE

Av. Manabí, Cdla. Juan Montalvo Cantón El Empalme

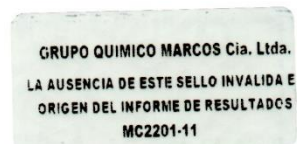
El Empalme, Tel. 2962150/0985557266

Atención: Srta. Genesis Medina

Tipo de Industria

Guayaquil, 30 DE NOVIEMBRE DEL 2016

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 21/11/2016 13:30 La Mana - Sector El Moral
 Fecha y Hora de Recepción: 22/11/2016 14:39
 Punto e Identificación de la Muestra: Punto de muestreo # 4 - Prof. 0 - 20 cm
 Norma Técnica de muestreo (1): N/A
 Matriz de la muestra: SUELOS
 Muestreado por: MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE
 Muestreador: Cliente
 Tipo de Muestreo: Simple

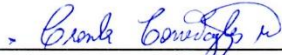


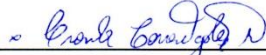
LMP de acuerdo a la Norma: ANEXO 2 LIBRO VI DEL TUSMA ACUERDO 097A TABLA 1 CRITERIOS DE CALIDAD DE SUELO

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Método Analítico	Analizado
METALES:						
Cadmio (1)	0,9614	---	mg/Kg	< 0,5000	3120 B	25/11/2016 ER
Cromo Total (1)	9,1858	---	mg/Kg	< 54,0000	3120 B	25/11/2016 ER
Plomo	2,6	0,9	mg/Kg	< 19,0	PEE-GQM-FQ-54	25/11/2016 ER

----	No. Aplica	N.E.	No Efectuado	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition
< LD	Menor al Límite Detectable	L.M.P.	Límite Máximo Permissible	
U	Incertidumbre	P.E.E.	Procedimiento específico de ensayo de GQM	

- 1: Parámetros/Actividad de muestreo, no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE. La cadena de custodia se asegura mediante PG0905
 2: Parámetros subcontratados no acreditados
 3: Parámetros acreditados cuyos resultados están fuera del alcance de acreditación
 4: Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista, competencia evaluada - Cap. 5 MC; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec


 Q. F. FERNANDO MARCOS V.
 Director Técnico


 Q. F. LAURA YANQUI M.
 Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
 Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
 Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
 Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653
www.grupoquimicomarcos.com
 Guayaquil - Ecuador

MC2201-11

Pág. 1 de 2

MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE

Representante Legal: MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE

Av. Manabí, Cda. Juan Montalvo Cantón El Empalme

El Empalme, Tel. 2962150/0985557266

Atención: Srta. Genesis Medina

Tipo de Industria

Guayaquil, 30 DE NOVIEMBRE DEL 2016

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 21/11/2016 13:33 La Mana - Sector El Moral
Fecha y Hora de Recepción: 22/11/2016 14:39
Punto e Identificación de la Muestra: Punto de muestreo # 4 - Prof. 20 - 40 cm
Norma Técnica de muestreo (1): N/A
Matriz de la muestra: SUELOS
Muestreado por: MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE
Muestreador: Cliente
Tipo de Muestreo: Simple

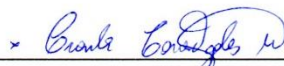
GRUPO QUIMICO MARCOS Cia. Ltda.
LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA E
ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS
MC2201-11

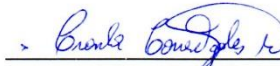
LMP de acuerdo a la Norma: ANEXO 2 LIBRO VI DEL TULSMA ACUERDO 097A TABLA 1 CRITERIOS DE CALIDAD DE SUELO

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Método Analítico	Analizado
METALES:						
Cadmio (1)	0,5388	---	mg/Kg	< 0,5000	3120 B	25/11/2016 ER
Cromo Total (1)	4,1999	---	mg/Kg	< 54,0000	3120 B	25/11/2016 ER
Plomo (3)	0,5	0,2	mg/Kg	< 19,0	PEE-GQM-FQ-54	25/11/2016 ER

----	No. Aplica	N.E.	No Efectuado	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition
< LD	Menor al Límite Detectable	L.M.P.	Límite Máximo Permissible	
U	Incertidumbre	P.E.E.	Procedimiento específico de ensayo de GQM	

- 1: Parámetros/Actividad de muestreo, no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE. La cadena de custodia se asegura mediante PG0905
2: Parámetros subcontratados no acreditados
3: Parámetros acreditados cuyos resultados están fuera del alcance de acreditación
4: Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista, competencia evaluada - Cap. 5 MC; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec


Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico


Q. F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653
www.grupoquimicomarcos.com
Guayaquil - Ecuador

MC2201-11

Pág. 1 de 2

	INFORME DE ENSAYOS No. 62897-I	LABORATORIO DE ENSAYOS ACREDITADO POR EL SAE CON ACREDITACION No. OAE LE 2C 05-001
---	--	---

MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE

Representante Legal: MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE

Av. Manabí, Cda. Juan Montalvo Cantón El Empalme

El Empalme, Tel. 2962150/0985557266

Atención: Srta. Genesis Medina

Tipo de Industria

Guayaquil, 30 DE NOVIEMBRE DEL 2016

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 21/11/2016 13:50 La Mana - Sector El Moral
 Fecha y Hora de Recepción: 22/11/2016 14:44
 Punto e Identificación de la Muestra: Punto de muestreo # 5 - Prof. 0 - 20 cm
 Norma Técnica de muestreo (1): N/A
 Matriz de la muestra: SUELOS
 Muestreado por: MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE
 Muestreador: Cliente
 Tipo de Muestreo: Simple

GRUPO QUIMICO MARCOS Cia. Ltda.
 LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL
 ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS
MC2201-11

LMP de acuerdo a la Norma: ANEXO 2 LIBRO VI DEL TULSMA ACUERDO 097A TABLA 1 CRITERIOS DE CALIDAD DE SUELO

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Método Analítico	Analizado
METALES:						
Cadmio (1)	0,6757	---	mg/Kg	< 0,5000	3120 B	25/11/2016 ER
Cromo Total (1)	6,4772	---	mg/Kg	< 54,0000	3120 B	25/11/2016 ER
Plomo	1,5	0,5	mg/Kg	< 19,0	PEE-GQM-FQ-54	25/11/2016 ER

----	No. Aplica	N.E.	No Efectuado	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition
< LD	Menor al Límite Detectable	L.M.P.	Límite Máximo Permisible	
U	Incertidumbre	P.E.E.	Procedimiento específico de ensayo de GQM	

1: Parámetros/Actividad de muestreo, no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE. La cadena de custodia se asegura mediante PG0905

2: Parámetros subcontratados no acreditados

3: Parámetros acreditados cuyos resultados están fuera del alcance de acreditación

4: Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista, competencia evaluada - Cap. 5 MC; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec


 Q. F. FERNANDO MARCOS V.
 Director Técnico


 Q. F. LAURA YANQUI M.
 Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
 Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
 Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
 Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653

www.grupoquimicomarcos.com
 Guayaquil - Ecuador

MC2201-11

Pág. 1 de 2

	INFORME DE ENSAYOS No. 62898-1	LABORATORIO DE ENSAYOS ACREDITADO POR EL SAE CON ACREDITACION No. OAE LE 2C 05-001
---	--	---

MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE

Representante Legal: MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE

Av. Manabí, Cdla. Juan Montalvo Cantón El Empalme

El Empalme, Tel. 2962150/0985557266

Atención: Srta. Genesis Medina

Tipo de Industria

Guayaquil, 30 DE NOVIEMBRE DEL 2016

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 21/11/2016 13:54 La Mana - Sector El Moral
 Fecha y Hora de Recepción: 22/11/2016 14:44
 Punto e Identificación de la Muestra: Punto de muestreo # 5 - Prof. 20 - 40 cm
 Norma Técnica de muestreo (1): N/A
 Matriz de la muestra: SUELOS
 Muestreado por: MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE
 Muestreador: Cliente
 Tipo de Muestreo: Simple

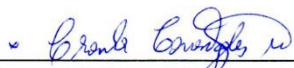
GRUPO QUIMICO MARCOS Cia. Ltda.
 LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL
 ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS
MC2201-11

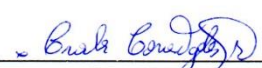
LMP de acuerdo a la Norma: ANEXO 2 LIBRO VI DEL TULSMA ACUERDO 097A TABLA 1 CRITERIOS DE CALIDAD DE SUELO

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Método Analítico	Analizado
METALES:						
Cadmio (1)	0,6458	---	mg/Kg	< 0,5000	3120 B	25/11/2016 ER
Cromo Total (1)	5,4958	---	mg/Kg	< 54,0000	3120 B	25/11/2016 ER
Plomo	1,7	0,6	mg/Kg	< 19,0	PEE-GQM-FQ-54	25/11/2016 ER

----	No. Aplica	N.E.	No Efectuado	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition
< LD	Menor al Límite Detectable	L.M.P.	Límite Máximo Permissible	
U	Incertidumbre	P.E.E.	Procedimiento específico de ensayo de GQM	

- 1: Parámetros/Actividad de muestreo, no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE. La cadena de custodia se asegura mediante PG0905
 2: Parámetros subcontratados no acreditados
 3: Parámetros acreditados cuyos resultados están fuera del alcance de acreditación
 4: Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista, competencia evaluada - Cap. 5 MC; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec


 Q. F. FERNANDO MARCOS V.
 Director Técnico


 Q. F. LAURA YANQUI M.
 Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
 Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
 Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
 Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653
www.grupoquimicomarcos.com
 Guayaquil - Ecuador

MC2201-11

Pág. 1 de 2

	INFORME DE ENSAYOS No. 62899-1	LABORATORIO DE ENSAYOS ACREDITADO POR EL SAE CON ACREDITACION No. OAE LE 2C 05-001
---	--	---

MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE

Representante Legal: MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE

Av. Manabi, Cdla. Juan Montalvo Cantón El Empalme

El Empalme, Tel. 2962150/0985557266

Guayaquil, 30 DE NOVIEMBRE DEL 2016

Atención: Srta. Genesis Medina

Tipo de Industria

Fecha, Hora y lugar de Muestreo:	21/11/2016 14:04 La Mana - Sector El Moral
Fecha y Hora de Recepción:	22/11/2016 14:41
Punto e Identificación de la Muestra:	Punto de muestreo # 6 - Prof. 0-20 cm
Norma Técnica de muestreo (1):	N/A
Matriz de la muestra:	SUELOS
Muestreado por:	MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE
Muestreador:	Cliente
Tipo de Muestreo:	No Aplica

GRUPO QUIMICO MARCOS Cia. Ltda.
 LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL
 ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS
MC2201-11

LMP de acuerdo a la Norma: ANEXO 2 LIBRO VI DEL TUSMA ACUERDO 097A TABLA 1 CRITERIOS DE CALIDAD DE SUELO

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Método Analítico	Analizado
METALES:						
Cadmio (1)	0,8376	---	mg/Kg	< 0,5000	3120 B	25/11/2016 ER
Cromo Total (1)	6,7333	---	mg/Kg	< 54,0000	3120 B	25/11/2016 ER
Plomo	2,6	0,9	mg/Kg	< 19,0	PEE-GQM-FQ-54	25/11/2016 ER

----	No. Aplica	N.E.	No Efectuado	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition
< LD	Menor al Límite Detectable	L.M.P.	Límite Máximo Permisible	
U	Incertidumbre	P.E.E.	Procedimiento específico de ensayo de GQM	

1: Parámetros/Actividad de muestreo, no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE. La cadena de custodia se asegura mediante PG0905

2: Parámetros subcontratados no acreditados

3: Parámetros acreditados cuyos resultados están fuera del alcance de acreditación

4: Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista, competencia evaluada - Cap. 5 MC; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec


Q. F. FERNANDO MARCOS V.
 Director Técnico


Q. F. LAURA YANQUI M.
 Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
 Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
 Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule

Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653

www.grupoquimicomarcos.com

Guayaquil - Ecuador

MC2201-11

Pág. 1 de 2

	INFORME DE ENSAYOS No. 62900-1	LABORATORIO DE ENSAYOS ACREDITADO POR EL SAE CON ACREDITACION No. OAE LE 2C 05-001
---	--	---

MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE

Representante Legal: MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE

Av. Manabí, Cdla. Juan Montalvo Cantón El Empalme

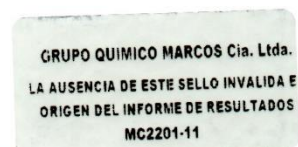
El Empalme, Tel. 2962150/0985557266

Atención: Srta. Genesis Medina

Tipo de Industria

Guayaquil, 30 DE NOVIEMBRE DEL 2016

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 21/11/2016 14:07 La Mana - Sector El Moral
 Fecha y Hora de Recepción: 22/11/2016 14:41
 Punto e Identificación de la Muestra: Punto de muestreo # 6 - Prof. 20 - 40 cm
 Norma Técnica de muestreo (1): N/A
 Matriz de la muestra:
 Muestreado por: MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE
 Muestreador: Cliente
 Tipo de Muestreo: No Aplica

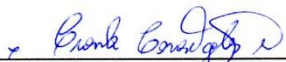


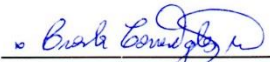
LMP de acuerdo a la Norma: ANEXO 2 LIBRO VI DEL TULSMA ACUERDO 097A TABLA 1 CRITERIOS DE CALIDAD DE SUELO

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Método Analítico	Analizado
METALES:						
Cadmio (1)	0,8335	---	mg/Kg	< 0,5000	3120 B	26/11/2016 ER
Cromo Total (1)	7,8868	---	mg/Kg	< 54,0000	3120 B	26/11/2016 ER
Plomo	2,0	0,7	mg/Kg	< 19,0	PEE-GQM-FQ-54	26/11/2016 ER

----	No. Aplica	N.E.	No Efectuado	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition
< LD	Menor al Límite Detectable	L.M.P.	Límite Máximo Permisible	
U	Incertidumbre	P.E.E.	Procedimiento específico de ensayo de GQM	

- 1: Parámetros/Actividad de muestreo, no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE. La cadena de custodia se asegura mediante PG0905
 2: Parámetros subcontratados no acreditados
 3: Parámetros acreditados cuyos resultados están fuera del alcance de acreditación
 4: Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista, competencia evaluada - Cap. 5 MC; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec


 Q. F. FERNANDO MARCOS V.
 Director Técnico


 Q. F. LAURA YANQUI M.
 Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
 Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
 Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
 Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653
www.grupoquimicomarcos.com
 Guayaquil - Ecuador

MC2201-11

Pág. 1 de 2

	INFORME DE ENSAYOS No. 62901-I	LABORATORIO DE ENSAYOS ACREDITADO POR EL SAE CON ACREDITACION No. OAE LE 2C 05-001
---	--	---

MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE

Representante Legal: MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE

Av. Manabí, Cda. Juan Montalvo Cantón El Empalme

El Empalme, Tel. 2962150/0985557266

Guayaquil, 30 DE NOVIEMBRE DEL 2016

Atención: Srta. Genesis Medina

Tipo de Industria

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 21/11/2016 14:23 La Maná - Sector el Moral
 Fecha y Hora de Recepción: 22/11/2016 14:45
 Punto e Identificación de la Muestra: Punto de muestreo # 7 - Prof. 0 - 20 cm
 Norma Técnica de muestreo (1): N/A
 Matriz de la muestra: SUELOS
 Muestreado por: MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE
 Muestreador: Cliente
 Tipo de Muestreo: No Aplica

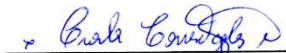
GRUPO QUIMICO MARCOS Cia. Ltda.
 LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA E
 ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS
MC2201-11

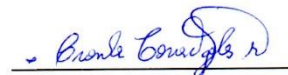
LMP de acuerdo a la Norma: ANEXO 2 LIBRO VI DEL TUSMA ACUERDO 097A TABLA 1 CRITERIOS DE CALIDAD DE SUELO

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Método Analítico	Analizado
METALES:						
Cadmio (1)	1,0479	---	mg/Kg	< 0,5000	3120 B	26/11/2016 ER
Cromo Total (1)	8,2592	---	mg/Kg	< 54,0000	3120 B	26/11/2016 ER
Plomo	1,2	0,4	mg/Kg	< 19,0	PEE-GQM-FQ-54	26/11/2016 ER

----	No. Aplica	N.E.	No Efectuado	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition
< LD	Menor al Límite Detectable	L.M.P.	Límite Máximo Permisible	
U	Incertidumbre	P.E.E.	Procedimiento específico de ensayo de GQM	

- 1: Parámetros/Actividad de muestreo, no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE. La cadena de custodia se asegura mediante PG0905
 2: Parámetros subcontratados no acreditados
 3: Parámetros acreditados cuyos resultados están fuera del alcance de acreditación
 4: Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista, competencia evaluada - Cap. 5 MC; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec


 Q. F. FERNANDO MARCOS V.
 Director Técnico


 Q.F. LAURA YANQUI M.
 Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
 Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
 Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
 Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653
www.grupoquimicomarcos.com
 Guayaquil - Ecuador

MC2201-11

Pág. 1 de 2

	INFORME DE ENSAYOS No. 62902-1	LABORATORIO DE ENSAYOS ACREDITADO POR EL SAE CON ACREDITACION No. OAE LE 2C 05-001
---	--	---

MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE

Representante Legal: MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE

Av. Manabí, Cdla. Juan Montalvo Cantón El Empalme

El Empalme, Tel. 2962150/0985557266

Atención: Srta. Genesis Medina

Tipo de Industria

Guayaquil, 30 DE NOVIEMBRE DEL 2016

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 21/11/2016 14:28 La Maná - Sector el Moral
 Fecha y Hora de Recepción: 22/11/2016 14:45
 Punto e Identificación de la Muestra: Punto de muestreo # 7 - Prof. 20 - 40 cm
 Norma Técnica de muestreo (1): N/A
 Matriz de la muestra: SUELOS
 Muestreado por: MEDINA RUIZ GENESIS KATHERINE
 Muestreador: Cliente
 Tipo de Muestreo: No Aplica

GRUPO QUIMICO MARCOS Cia. Ltda.
 LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA E
 ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS
MC2201-11

LMP de acuerdo a la Norma: ANEXO 2 LIBRO VI DEL TULSMA ACUERDO 097A TABLA 1 CRITERIOS DE CALIDAD DE SUELO

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Método Analítico	Analizado
METALES:						
Cadmio (1)	1,1768	---	mg/Kg	< 0,5000	3120 B	26/11/2016 ER
Cromo Total (1)	7,3832	---	mg/Kg	< 54,0000	3120 B	26/11/2016 ER
Plomo	0,9	0,3	mg/Kg	< 19,0	PEE-GQM-FQ-54	26/11/2016 ER

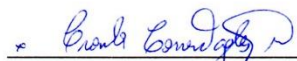
----	No. Aplica	N.E.	No Efectuado	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition
< LD	Menor al Limite Detectable	L.M.P.	Limite Máximo Permissible	
U	Incertidumbre	P.E.E.	Procedimiento específico de ensayo de GQM	

1: Parámetros/Actividad de muestreo, no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE. La cadena de custodia se asegura mediante PG0905

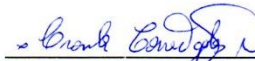
2: Parámetros subcontratados no acreditados

3: Parámetros acreditados cuyos resultados están fuera del alcance de acreditación

4: Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista, competencia evaluada - Cap. 5 MC; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec



Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico



Q. F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
 Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
 Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
 Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653

www.grupoquimicomarcos.com
 Guayaquil - Ecuador

MC2201-11

Pág. 1 de 2