



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CUENCA

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

**Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo**

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA  
Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Fitoremediación de suelos contaminados con  
cadmio, proveniente de los agroquímicos,  
mediante extracción usando el *Taraxacum  
officinale* (Diente de león) y el *Aloe vera* (Sábila)**

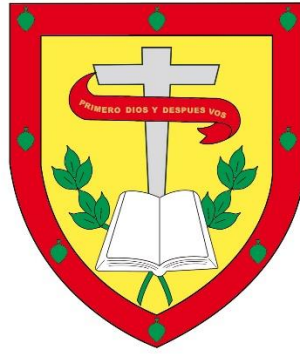
**TRABAJO DE TITULACION PREVIO A LA  
OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO  
AMBIENTAL**

**AUTOR: EDISON FABRICIO RODRÍGUEZ PINOS**

**DIRECTOR: ING. AUGUSTO POLIBIO MARTÍNEZ  
VEGA.MGS**

**CUENCA - ECUADOR**

**2022**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA  
Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Fitoremediación de suelos contaminados con cadmio,  
proveniente de los agroquímicos, mediante extracción  
usando el *Taraxacum officinale* (Diente de león) y el *Aloe  
vera* (Sábila)**

**TRABAJO DE TITULACION PREVIO A LA OBTENCION  
DEL TITULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR: EDISON FABRICIO RODRÍGUEZ PINOS**

**DIRECTOR: ING. AUGUSTO POLIBIO MARTÍNEZ VEGA.MGS**

**CUENCA - ECUADOR**

**2022**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**

## Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

**Edison Fabricio Rodríguez Pinos** portador de la cédula de ciudadanía N° **0302070123**. Declaro ser el autor de la obra: “Fitoremediación de suelos contaminados con cadmio, proveniente de los agroquímicos, mediante extracción usando el *Taraxacum officinale* (Diente de león) y el *Aloe vera* (Sábila)”, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **07 de abril de 2022**



F: .....

Edison Fabricio Rodríguez Pinos

0302070123

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Edison Fabricio Rodríguez Pinos, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Augusto P.M.V.", with a large, sweeping flourish underneath.

---

Ing. Augusto Polibio Martínez Vega. Mgs

DIRECTOR

## **DEDICATORIA**

Este proyecto dedico a todas las personas que viven consientes del daño que la humanidad ocasiona a nuestro planeta y tratan de aporta con un granito de arena para cuidarlo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mis padres quienes han sido un pilar importante, son los mejores. Gracias a ustedes poder seguir cumpliendo mis sueños, viviré siempre agradecido con ustedes.

## RESUMEN

El presente estudio tiene por finalidad determinar la capacidad de dos clases de vegetales para la captación y absorción de cadmio, se seleccionaron las especies *Aloe vera* (sábila) y *Taraxacum officinale* (diente de león), para el proceso de fitoremediación. Se caracterizó las propiedades físico químicas como niveles de Cadmio, textura, humedad, materia orgánica, y potencial hidrogeno del suelo, existen 5 tratamientos (To) como tratamiento testigo, (S3) con aplicación de tres plantas de sábila, (S5) con aplicación de cinco plantas de sábila, (DL10) con aplicación de diez plantas de sábila, (DL20) con aplicación de veinte plantas de sábila.

Se utilizaron 15 unidades experimentales cada una con 5kg de suelo, las cuales fueron divididas en 5 tratamientos con 3 repeticiones. El tratamiento To sin plantas, el tratamiento DL10 con 10 plantas de *Taraxacum officinale*, el tratamiento DL20 con 20 plantas *Taraxacum officinale*, S3 el tratamiento con 3 plantas *Aloe vera*, S5 el tratamiento con 5 plantas *Aloe vera*. Inicialmente la concentración de Cd fue 0,6 mg/kg. En el tratamiento DL10 a los 30 días se observó una concentración de cadmio disminuyeron a cantidades menores a 0,1 mg/kg; para el tratamiento DL20 a los 45 días la concentración de cadmio fue menor a 0,1 mg/kg. En el tratamiento con *Aloe vera* S3 a los 30 días la concentración de cadmio fue menor a 0,1 mg/kg. Para el tratamiento S5 a los 45 días disminuyo a 0,1 mg/kg. Cabe mencionar que estas concentraciones de Cadmio en todos los tratamientos subieron después de los tiempos indicados.

*Palabras clave:* fitoremediación, cadmio, agroquímicos, *Aloe vera*, *Taraxacum officinale*

## ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the capacity of two plant species for cadmium uptake and absorption. The species *Aloe vera* and *Taraxacum officinale* were selected for the phytoremediation process. It was characterized physical and chemical properties such as Cd levels, texture, moisture, organic matter, and hydrogen potential of the soil. Fifteen experimental units, each containing 5 kg of soil, were divided into five treatments with three replicates. The T<sub>0</sub> treatment without plants, the DL10 treatment with 10 *Taraxacum officinale* plants, the DL20 treatment with 20 *Taraxacum officinale* plants, S3 treatment with 3 *Aloe vera* plants, S5 treatment with 5 *Aloe vera* plants. The amount of cadmium was determined using the analytical method "AAA-PE-SO11/EPA 3051/7061 A". Initially the Cd concentration was 0.6 mg/kg. In the DL10 treatment, after 30 days, the cadmium concentration decreased to less than 0.1 mg/kg; for the DL20 treatment, after 45 days, the cadmium concentration was less than 0.1 mg/kg. For the *Aloe vera* S3 treatment at 30 days the cadmium concentration was less than 0.1 mg/kg. For the S5 treatment at 45 days it decreased to 0.1 mg/kg. It is worth mentioning that these cd concentrations in all treatments increased after the indicated times.

*Keywords:* phytoremediation, Cadmium, agrochemicals, *Aloe vera*, *Taraxacum officinale*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
RESUMEN .....	v
ABSTRACT .....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABLAS .....	x
LISTA DE ANEXOS.....	xi
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>12</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>12</b>
1.1 Objetivo general. ....	13
1.2 Objetivos específicos.....	13
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>14</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
2.1 Contaminación del suelo .....	14
2.1.1 Fuentes de contaminación del suelo. ....	15
2.1.2 Efecto de la contaminación del suelo. ....	16
2.2 Metales pesados .....	17
2.2.1 Efecto de los metales pesados en los suelos.....	19
2.2.2 Agroquímicos. ....	20
2.2.3 Herbicida. ....	21
2.2.4 El cadmio. ....	24
2.3 Recuperación de suelos contaminados.....	27
2.3.1 Técnicas de recuperación de suelos. ....	27
2.3.2 Fitorremediación.....	29
2.3.3 Características de la fitorremediación. ....	31
2.3.4 Tipos de fitorremediación. ....	32
2.4 Plantas a utilizarse .....	34
2.4.1 <i>Taraxacum officinale</i> . ....	34
2.4.2 <i>Aloe vera</i> . ....	35
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>36</b>
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>36</b>
3.1 Materiales.....	36
3.1.1 Suelo contaminado.....	36
3.1.2 Unidades experimentales.....	38
3.2 Metodología.....	38
3.2.1 Diseño de investigación. ....	38
3.2.2 Construcción de las unidades experimentales. ....	39
3.2.3 Variables, Operacionales. ....	41
3.2.4 Toma de muestra desde las unidades experimentales para análisis. ....	41
3.2.5 Parámetros de caracterización del suelo. ....	42
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>49</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>49</b>
4.1 Resultados al inicio de la experimentación.....	49
4.1.1 Resultado de Cd al inicio de la experimentación.....	49
4.1.2 Resultado de pH al inicio de la experimentación.....	49
4.1.3 Resultado de humedad al inicio de la experimentación. ....	50

4.1.4	Resultado de textura al inicio de la experimentación. ....	51
4.2	Resultados a los 15 días .....	52
4.2.1	Resultado de Cd a los 15 días de la experimentación. ....	52
4.2.2	Resultado de pH a los 15 días de la experimentación. ....	54
4.3	Resultados a los 30 días .....	56
4.3.1	Resultado de Cd a los 30 días de la experimentación. ....	56
4.3.2	Resultado de pH a los 30 días de la experimentación. ....	58
4.4	Resultados a los 45 días .....	60
4.4.1	Resultado de Cd a los 45 días de la experimentación. ....	60
4.4.2	Resultado de pH a los 45 días de la experimentación. ....	62
4.5	Resultados a los 60 días .....	64
4.5.1	Resultado de Cd a los 60 días de la experimentación. ....	64
4.5.2	Resultado de pH a los 60 días de la experimentación. ....	66
4.6	Resultados de materia orgánica .....	69
4.7	Análisis y resultados de cada tratamiento en todo el proceso de fitorremediación .....	70
4.7.1	Análisis de pH para todos los tratamientos. ....	70
4.7.2	Análisis de Cd para todos los tratamientos. ....	73
4.8	Discusión.....	77
<b>CAPÍTULO V .....</b>		<b>81</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>81</b>
<b>6.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>83</b>
<b>7.</b>	<b>Bibliografía.....</b>	<b>84</b>
<b>8.</b>	<b>Anexos. ....</b>	<b>86</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Reducción de Cd presente en el suelo.....	15
Figura 2. Clasificación de los plaguicidas según su toxicidad.....	22
Figura 3. Dinámica de los plaguicidas en el suelo.....	23
Figura 4. Mapa de ubicación de la zona de estudio.....	37
Figura 5. Recolección de muestras de suelo.....	37
Figura 6. Diseño experimental.....	38
Figura 7. Trasplante de sábila.....	39
Figura 8. Trasplante de diente de león.....	40
Figura 9. Trasplante de sábila.....	40
Figura 10. Recolección de muestras de suelo para análisis de laboratorio.....	41
Figura 11. Determinación del pH con multiparamétrico.....	43
Figura 12. Muestras de suelo en crisoles K1 y K2.....	44
Figura 13. Tamices a usar, Nro. 10, Nro. 30, Nro. 200, y un fondo.....	45
Figura 14. Tamizador.....	45
Figura 15. Suelos separados luego de la tamizada.....	46
Figura 16. Triángulo para el cálculo de texturas.....	46
Figura 17. Muestras salidas de la estufa.....	47
Figura 18. pH de suelo tratamiento (To).....	49
Figura 19. pH de tratamiento (DL20) a los 15 días.....	54
Figura 20. pH de tratamiento (DL10) a los 15 días.....	55
Figura 21. pH de tratamiento (S5) a los 15 días.....	55
Figura 22. pH de tratamiento (S3) a los 15 días.....	56
Figura 23. pH de tratamiento (DL20) a los 30 días.....	58
Figura 24. pH de tratamiento (DL10) a los 30 días.....	59
Figura 25. pH de tratamiento (S5) a los 30 días.....	59
Figura 26. pH de tratamiento (S3) a los 30 días.....	60
Figura 27. pH de tratamiento (DL20) a los 45 días.....	62
Figura 28. pH de tratamiento (DL10) a los 45 días.....	63
Figura 29. pH de tratamiento (S5) a los 45 días.....	63
Figura 30. pH de tratamiento (S3) a los 45 días.....	64
Figura 31. pH de tratamiento (DL20) a los 60 días.....	67
Figura 32. pH de tratamiento (DL10) a los 60 días.....	67
Figura 33. pH de tratamiento (S5) a los 60 días.....	68
Figura 34. pH de tratamiento (S3) a los 60 días.....	68
Figura 35. pH tratamiento To a los 60 días.....	69
Figura 36. Análisis de pH en tratamiento (To).....	71
Figura 37. Análisis de pH en tratamiento (DL10).....	71
Figura 38. Análisis de pH en tratamiento (DL20).....	72
Figura 39. Análisis de pH en tratamiento (S3).....	72
Figura 40. Análisis de pH en tratamiento (S5).....	73
Figura 41. Análisis de Cd en tratamiento (To).....	73
Figura 42. Análisis de Cd en tratamiento (DL10).....	74
Figura 43. Análisis de Cd en tratamiento (DL20).....	74
Figura 44. Análisis de Cd en tratamiento (S3).....	75
Figura 45. Análisis de Cd en tratamiento (S5).....	75
Figura 46. Discusión de pH en todos los tratamientos.....	76
Figura 47. Comparación del Cd en todos los tratamientos.....	76
Figura 48. Dinámica del tratamiento (To).....	77
Figura 49. Dinámica del tratamiento (DL10).....	78
Figura 50. Dinámica del tratamiento (DL20).....	78
Figura 51. Dinámica del tratamiento (S3).....	79
Figura 52. Dinámica del tratamiento (S5).....	80

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Normativa ambiental de criterios de calidad de suelos .....	24
Tabla 2. Normativa ambiental de criterios de calidad de suelos .....	25
Tabla 3. Técnicas de tratamiento de suelos contaminados.....	28
Tabla 3. Técnicas de tratamiento de suelos contaminados.....	28
Tabla 4. Técnicas de tratamiento de suelos contaminados de acuerdo a la clase de contaminante ....	30
Tabla 4. Técnicas de tratamiento de suelos contaminados de acuerdo a la clase de contaminante ....	30
Tabla 5. Estructura y composición química de la especie aloe vera .....	35
Tabla 6. Profundidad del muestreo según el uso del suelo.....	36
Tabla 7. Análisis de cantidad de cadmio en el tratamiento (To).....	49
Tabla 8. Análisis de humedad.....	50
Tabla 9. Análisis granulométrico .....	52
Tabla 10. Análisis de cantidad de cadmio en el suelo a los 15 días (DL10).....	52
Tabla 11. Análisis de cantidad de cadmio en el suelo a los 15 días (DL20).....	53
Tabla 12. Análisis de cantidad de cadmio en el suelo a los 15 días (S3).....	53
Tabla 13. Análisis de cantidad de cadmio en el suelo a los 15 días (S5).....	54
Tabla 14. Análisis de cantidad de cadmio en el suelo a los 30 días (DL10).....	56
Tabla 15. Análisis de cantidad de cadmio en el suelo a los 30 días (DL20).....	57
Tabla 16. Análisis de cantidad de cadmio en el suelo a los 30 días (S3).....	57
Tabla 17. Análisis de cantidad de cadmio en el suelo a los 30 días (S5).....	57
Tabla 18. Análisis de cantidad de cadmio en el suelo a los 45 días (DL10).....	60
Tabla 19. Análisis de cantidad de cadmio en el suelo a los 45 días (DL20).....	61
Tabla 20. Análisis de cantidad de cadmio en el suelo a los 45 días (S3).....	61
Tabla 21. Análisis de cantidad de cadmio en el suelo a los 45 días (S5).....	62
Tabla 22. Análisis de cantidad de cadmio en el suelo a los 60 días (DL10).....	64
Tabla 23. Análisis de cantidad de cadmio en el suelo a los 60 días (DL20).....	65
Tabla 24. Análisis de cantidad de cadmio en el suelo a los 60 días (S3).....	65
Tabla 25. Análisis de cantidad de cadmio en el suelo a los 60 días (S5).....	66
Tabla 26. Análisis de cantidad de cadmio en el suelo a los 60 días (To).....	66
Tabla 27. Análisis de cantidad de materia orgánica .....	69

## LISTA DE ANEXOS

<i>Anexo 1. Análisis de cantidad de Cd al inicio de la experimentación</i> .....	86
<i>Anexo 2. Análisis de cantidad de Cd a los 15 días</i> .....	87
<i>Anexo 3. Análisis de cantidad de Cd a los 30 días</i> .....	91
<i>Anexo 4. Análisis de cantidad de Cd a los 45 días</i> .....	95
<i>Anexo 5. Análisis de cantidad de Cd a los 60 días</i> .....	99
<i>Anexo 6. Análisis de cantidad de cadmio al final de la experimentación</i> .....	103

## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo agropecuario en muchos países es importante para mantener una adecuada dotación de alimentos para la población, para la producción muchos utilizan agroquímicos, algunos compuestos de estos agroquímicos presentan metales pesados como el cadmio que son elementos contaminantes, el presente trabajo trata sobre fitorremediación de suelos contaminados con agroquímicos

La contaminación de los suelos es un problema muy grave que ocasionan alteraciones ambientales muy complicadas ya que pone en riesgo la salud humana, en los últimos años las actividades humanas como la industria , la minería , explotaciones petroleras , la eliminación de desechos sólidos en efluentes, el uso de agroquímicos entre otros, generan diversos impactos directos al medio ambiente esto se debe al incremento de concentraciones de los contaminantes en el suelo con niveles tóxicos elevados (Gonzalez, 2017).

Los metales pesados son elementos con densidad mayor a 5 g/cm<sup>3</sup>, aunque también abarca otros tipos de metaloides. Algunos son esenciales en pequeñas concentraciones, pero en exceso son altamente tóxicos, el aluminio y algunos metaloides como el cadmio también poseen esta densidad. Hay momentos en que se puede considerar tolerables en pequeñas cantidades de concentración, pero en exceso son altamente tóxicos. Los metales pesados más tóxicos que encontramos en el suelo son Cadmio, Cobre, Cromo, Hg, Niquel, Plomo y Zinc, se los considera contaminantes prioritarios, debido a su naturaleza mutagénica y cancerígena (Manoj, 2020).

El elemento a tratar cadmio (Cd) es un metal blando de color blanco plateado, su número atómico es 48 y su peso molecular es de 112,4, es uno de los elementos más tóxicos, incluso en bajas concentraciones está tiene una gran facilidad para su dispersión en el ambiente, esto volviéndolo un agente biodisponible y con una gran persistencia (Amjad, 2017).

La fitorremediación es una tecnología natural la cual consiste en el uso de plantas para estabilizar, transferir, remover o destruir los contaminantes que pueden ser orgánicos e inorgánicos hoy en día es considerada una alternativa rentable. No obstante la efectividad de la fitorremediación depende de numerosos factores tanto de las plantas

como del suelo, algunas de ellas como el pH, humedad entre otras, los exudados microbianos y vegetales, la capacidad de los organismos vivos para captar, acumular, secuestrar, translocar y desintoxicar los metales. La fitorremediación se clasifica generalmente en fitoestabilización, fitoevaporación y fitoextracción, siendo estos diferentes mecanismos de absorción. En resumen la fitorremediación se basa en el uso de plantas acumuladoras tanto de elementos tóxicos así como compuestos orgánicos para retirarlos del suelo a través de su absorción (Martínez, 2016)

Se pretende usar *Aloe vera* (sábila) y *Taraxacum officinale* (diente de león) para fitorremediar el suelo contaminado por agroquímicos para la extracción de cadmio por lo que se espera disminuir la concentración de este metal en el suelo estudiado.

### **1.1 Objetivo general.**

- Fitorremediar los suelos contaminados con cadmio, proveniente de los agroquímicos, mediante extracción usando el *Taraxacum officinale* (diente de león) y *Aloe vera* (sábila).

### **1.2 Objetivos específicos.**

- Caracterizar el suelo y determinar su grado de contaminación por cadmio.
- Aplicar el tratamiento de fitorremediación utilizando el diente de león (*Taraxacum officinale*) y la sábila (*Aloe vera*).
- Evaluar la eficiencia de la fitorremediación.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Contaminación del suelo

La contaminación de suelos en las diferentes industrias (agrícola, minera, industrial entre otras, en la industria bananera de todo el mundo es un problema que se deriva del uso excesivo de herbicidas, plaguicidas, insecticidas y fertilizantes. Los desechos de jabones y detergentes que son usados para el lavado del fruto son descargados a fuentes de agua y estos al estar en contacto con los suelos los contaminan, de la misma manera la falta de rotación de cultivos, provocando que los suelos se vuelvan áridos e infértiles (Orellana, 2014).

El daño en los suelos específicamente en todas las áreas de almacenamiento de productos químicos en las bananeras del planeta provocan una reacción en cadena para la alteración en la biodiversidad del suelo provocando así un cambio notorio en el comportamiento del suelo que se ve relacionado con la calidad de fruto, causando así una reducción de la materia orgánica que contiene el suelo y su capacidad para actuar como filtro, además de contaminar el suelo también se contamina el agua subterránea provocando una alteración de nutrientes, entre los más comunes los metales pesados (Cadmio, Cobalto, Cobre, Níquel, Plomo, Zinc) (Perez, 2019).

Otro de los inconvenientes que es ocasionado por estos contaminantes es la problemática existente con las zonas aledañas ya que se generan empozamientos en el suelo por lo que se vuelve una molestia para las comunidades aledañas a las mismas, los vertidos del lavado del banano contiene compuestos químicos los cuales reaccionan al contacto con el suelo y esta a su vez genera mucho tipo de fangos los mismos que son absorbidos por el suelo lo cual genera contaminación de las aguas superficiales y freáticas por procesos de transferencia alcanzan concentraciones superiores a las consideradas aceptables para el cumplimiento de normativas de uso de suelo para el área agrícola (Pérez, 2012).

- Variación de la disponibilidad de elementos a largo plazo en los suelos, como consecuencia de cambios en las propiedades físico químicas de los mismos.
- Reducción de la fertilidad del suelo, al disminuir la flora y fauna del mismo el metal se vuelve más disponible.
- Modificación de la estructura del suelo debido a la pérdida de fertilidad del mismo.

### 2.1.1 Fuentes de contaminación del suelo.

Las fuentes de contaminación del suelo pueden ser de origen natural o de origen antropogénico. Como ejemplo de contaminación por una fuente natural se tiene la producida por una erupción volcánica, donde se depositan en la litosfera grandes cantidades de material piroclástico (cenizas, rocas, hollín) cuya composición generalmente es de ácidos, sales, metales pesados,  $H^+$  y  $SO_2$ . Por otro lado, se tiene las fuentes cuyo origen están en la actividad del hombre, las cuales se han incrementado y son mucho más perjudiciales; entre las importantes se tiene:

Actividad minera: Los escombros, residuos y los compuestos químicos utilizados durante la extracción de minerales, sin la correcta disposición o tratamiento pueden llegar a ser un peligro para organismos animales y vegetales debido a su toxicidad, y que en ciertos casos pueden bio-acumularse a través de la cadena trófica (Cueva E. , 2019).

Actividad agrícola: El uso indiscriminado y sin control de sustancias químicas como los plaguicidas y herbicidas ha tenido como consecuencia la contaminación y envenenamiento con sustancias que tienen graves efectos sobre los seres vivos. Estos contaminantes tienen la capacidad de ser arrastrados por corrientes de aguas subterráneas y superficiales pudiendo llegar a afectar a otros cuerpos hídricos. Otra problemática que tiene origen en la actividad agrícola y que afecta tanto al suelo como al agua es la utilización de aguas servidas para el riego, las cuales pueden contener desechos orgánicos y de la industria que afectan a la salud humana, en la figura 1 veremos cómo disminuir la biodisponibilidad del metal usando plantas para evitar riesgos a la salud humana (Cueva E. , 2019).

#### Dinámica del cadmio en la planta



Figura 1. Reducción de Cd presente en el suelo.

Elaborado por: (Cueva E. , 2019)

En la figura 1 se muestra las rectificaciones orgánicas, ayudan a que la planta pueda absorber el metal que puede ser un riesgo para la salud humana.

Actividades industriales: El constante desarrollo de la industria a partir del siglo XIX ha provocado una mayor generación de residuos, los cuales no han tenido un manejo y disposición final adecuados, convirtiéndose así en una fuente de contaminación para componentes como el suelo y el agua.

Disposición de residuos (basura).- El incremento de la población mundial durante el último siglo, ha provocado un aumento en la densidad de las grandes ciudades del mundo, y consigo la generación de residuos domésticos urbanos, que contienen entre otras cosas materiales peligrosos como baterías, residuos hospitalarios, solventes, etc. que sin el correcto manejo y disposición pueden provocar la contaminación del suelo y agua con influencia de factores como la lluvia y la temperatura (Orellana, 2014).

Entre las principales sustancias y compuestos que se consideran como contaminantes del suelo se tiene:

- Metales pesados: Hg, Pb, As, Al, Cd, Cr, Cu, Ni, Sn, Zn.
- Compuestos xenobióticos: plaguicidas, PCB's, TNT.
- Hidrocarburos: alifáticos, cíclicos, PAH's.
- Compuestos orgánicos halogenados: cloroalcanos, cloro-fluorcarbonos y clorofenoles.

### **2.1.2 Efecto de la contaminación del suelo.**

Los efectos que un suelo degradado presenta siempre dependerá de factores como la concentración, tipo y toxicidad del contaminante y como resultado común habrán afectaciones negativas en la flora, fauna y en el ser humano. En general, las afecciones que puede presentar un suelo contaminado son las siguientes:

Degradación de la cubierta vegetal en forma cualitativa y cuantitativa, es decir, se reduce el número de especies en el suelo y se perturba el desarrollo normal de la flora (crecimiento, acumulación de tóxicos), aunque en algunos casos a simple vista la vegetación no presente daños.

Afectación y reducción en el número de especies (biodiversidad) de microorganismos que viven en el suelo.

Pérdida del poder de autodepuración del suelo como consecuencia de altas concentraciones de contaminante, que a su vez dan como resultado los dos puntos

anteriores descritos.

Acumulación de los contaminantes a través de la cadena trófica desde el nivel inferior (las plantas) hasta los superiores (animales y el hombre) donde a más de bioacumularse, el efecto tóxico de los contaminantes se magnifica, pudiendo ocasionar graves intoxicaciones por ingesta por parte del hombre y animales.

Puede existir en el hombre también efectos negativos por ingesta directa, contacto dérmico con metales pesados y compuestos volátil o semivolátiles.

Deterioro en la calidad paisajística por la desaparición de elementos como la flora, fauna y actividades económicas y de esparcimiento (Ortiz, 2017)

## **2.2 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 (Guarderas, 2019).

Menciona que el nombre metal pesado se usa netamente en materia de daños ambientales o la salud humana, el nombre ha generado varias contradicciones, ya que diferentes autores lo usan como términos sinónimos de contaminación y daños ambientales, porque no todos los metales pesados son tóxicos, todo dependerá de la cantidad o la capacidad de amortiguación que tenga dicho suelo. Ahora bien, (Bautista, 2012) señala que los metales (pesados) presente en el suelo contaminado llegan a interactuar con los diferentes tipos de suelo y minerales presentes (arcilla, materia orgánica, carbonatos, etc.) por consiguiente se tiene que estudiar la cantidad de estos minerales en el área contaminada para poder determinar la dosis y tipo de especie a utilizar en el proceso de fitorremediación. Dependiendo de las características fisicoquímicas del suelo, pueden ser beneficiosos o limitantes en un proceso de descontaminación. Todos los metales pesados no son tóxicos, la toxicidad está relacionada con la cantidad y dosis implicadas, ya que hay elementos esenciales que en altas concentraciones se vuelven tóxicos (Bautista, 2012).

Los metales pesados son elementos químicos que se caracterizan por tener alta densidad (igual o mayor a 5 gr/cm<sup>3</sup>) y un número atómico superior a 20. Existen algunos metales pesados como el Arsénico, Boro, Cobre, Cromo, Molibdeno,

Manganeso, Níquel, Hierro, y Zinc, que en pequeñas concentraciones son importantes para el metabolismo y desarrollo de los seres humanos y se los conoce como oligoelementos o elementos de traza. Una excesiva concentración de oligoelementos puede resultar también tóxico para las personas. Por otro lado, elementos como Cadmio, Plomo, Antimonio, Bismuto, que no tienen una función en el organismo de los seres vivos pueden resultar altamente tóxicos y pueden bio-acumularse a través de la cadena trófica (Dias, 2008).

Los metales pesados se encuentran naturalmente en la corteza terrestre ya que son parte constitutiva de la roca madre y al meteorizarse libera estos elementos en el suelo. Otra fuente natural son los volcanes que durante las erupciones liberan también algunos de estos elementos que por lo general son metales pesados. Los metales también tienen origen antropogénico ya que las actividades humanas generan residuos los cuales estarán en contacto con el suelo. Entre las principales actividades generadoras tenemos:

Actividad industrial: Procesos como la metalurgia, generación de electricidad, explotación y refinamiento de petróleo entre otras, provocan durante la producción y como desechos metales como Pb, Ni, etc.

Actividad agrícola.- El uso excesivo de fertilizantes que aportan con micronutrientes a las plantaciones también es una fuente que aporta con estos elementos en el suelo.

Residuos domésticos.- Aproximadamente el 10% de los residuos sólidos urbanos contienen metales pesados como el Al, Pb, Ni, Cu y Fe<sup>1</sup>, los cuales en muchos casos no son dispuestos de una manera adecuada como por ejemplo un relleno sanitario controlado o por medio de la incineración, generalmente son depositados en botaderos, donde en eventos de lluvia pueden producir lixiviados que contaminan el suelo y las aguas subterráneas (Idalgo, 2013).

Una vez que los metales están en el suelo, estos pueden actuar de diferentes maneras: Pueden quedar retenidos en el suelo en solución o por procesos de adsorción, de complicación y precipitación, pueden ser adsorbidos por las plantas, acumularse y por ende pasar a la cadena trófica, pueden pasar a la atmósfera por procesos de volatilización, finalmente, pueden ser arrastrados por aguas superficiales o ser lavados y arrastrados por aguas subterráneas (Rodríguez, 2017)

Esta dinámica y posterior disponibilidad que se tiene de un metal cuando se encuentra en el suelo, obedece no solo a características propias del elemento, sino también a propiedades del suelo como:

pH.- Comúnmente se tiene que, a pH ácido los metales se encuentran más disponibles a excepción del As, Mo, Cr, y Se, que por el contrario son más disponibles a pH básico.

Textura: La textura del suelo viene dado por la cantidad de arcilla, limo, arena y grava presentes en el suelo. Como consecuencia de la proporción de estos materiales en el suelo, los metales pesados pueden quedar fuertemente retenidos en él como en el caso de los suelos arcillosos, o pueden no ser retenidos y pasar a niveles inferiores de la litosfera como en el caso de los suelos arenosos y de grava.

Humedad: La humedad se refiere a la cantidad de agua existente en un determinado volumen de suelo. Este parámetro se calculó mediante gravimetría, es decir, midiendo la masa del suelo húmedo y la masa del suelo seco (Idalgo, 2013)..

Los metales pesados son compuestos de poca movilidad y que con el paso del tiempo su disponibilidad se reduce porque quedan retenidos en lugares de adsorción más complejos (Idalgo, 2013).

### **2.2.1 Efecto de los metales pesados en los suelos.**

Los metales pesados existentes en un suelo se pueden observar de manera inmediata ya que se puede apreciar con una disminución tanto en número de plantas, como en el crecimiento y desarrollo de las mismas, además de una pérdida considerable en el número de micro y macro organismos que habitan en el suelo y una afectación y disrupción en las funciones, procesos y ciclos que tienen lugar en el suelo (Escobar, 2018).

Esto se da principalmente por que los microorganismos que son fundamentales en los procesos de degradación de la materia orgánica, fijación de nitrógeno entre otros, son mucho más sensibles a la contaminación por metales que los animales y plantas. Los metales pesados afectan principalmente a los seres vivos, irrumpiendo en funciones biológicas como la actividad enzimática por interacción con las proteínas. Por ejemplo, tenemos la lombriz de tierra es muy sensible a la contaminación por metales como el Zn, Cd y Pb. Los metales pesados no se pueden destruir o desaparecer del medio ambiente, y muchos son muy peligrosos

por su propiedad de bio acumularse en la cadena trófica, llegando incluso a poner en riesgo la vida de los seres humanos (Gonzalez, 2017).

### **2.2.2 Agroquímicos.**

Los fertilizantes son de origen natural y otros industrializados, estos deben contener al menos cinco por ciento de uno o más de los tres nutrientes primarios (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O), solo de esta manera podrán ser llamados fertilizantes (Escobar, 2018).

Por lo general los fertilizantes son sustancias químicas con su propósito principal de matar, repeler, atraer, regular o interrumpir el crecimiento progresivo de seres denominadas plagas (Escobar, 2018).

El Satisfar es un fungicida sistémico, perteneciente al grupo químico de las estrobilurinas, es un fungicida con propiedades preventivas y curativas. Para el control de hongos patógenos, particularmente deuteromycetos, ascomycetos, bacidiomycetos y algunas especies de oomycetos en plantaciones de maíz, soya, banano, ornamentales, forestales y cultivos tropicales. Su nombre común es azoxystrobin (Escobar, 2018).

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 (FAO, 2002)

Ente los años 1980, se dio una aplicación masiva de plaguicidas fue considerada, generalmente, como una revolución de la agricultura. Esto ocurrió debido a que eran relativamente económicos y altamente efectivos. Su aplicación llegó a ser una práctica común como medida preventiva aun sin ningún ataque visible (FAO, 2002).

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 ya que la adaptación de plagas ante los

plaguicidas generan que se deba usar diferentes plaguicidas con diferentes compuestos ante distintos plaguicidas (FAO, 2002).

### **2.2.3 Herbicida.**

Los herbicidas pueden clasificarse principalmente según tres criterios específicos: su actividad biológica, su naturaleza química, y su toxicidad. 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. 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 (Escobar, 2018).

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 opuesto 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. (Escobar, 2018).

El arrasador 480 su nombre común glifosato está formulado como gránulos dispersarles en agua, con una concentración de 757 gramos de ingrediente activo en la forma de sal monoamónica por kilogramo de producto comercial. Su acción fitosanitaria o nutricional es un herbicida sistémico de aplicación foliar, penetra por las hojas, se mueve por el sistema de la planta y llega hasta los brotes tiernos del tallo y la raíz. No tiene selectividad a los cultivos establecidos, no produce vapores y no deja residuos en el suelo (FAO, 2002).

Para el control de la mayoría de malezas gramíneas, ciperáceas y de hoja ancha, tanto anuales como perennes, en aplicaciones antes de la siembra de cualquier cultivo anual o perenne, aplicaciones dirigidas a las malezas en cultivos perennes establecidos, como regulador de crecimiento en caña de azúcar, desecante de sorgo y control general de malezas en sistemas de riego y áreas no cultivadas. (FAO, 2002)

En 1978, la Organización Mundial de la Salud (OMS) estableció una clasificación basada en su peligrosidad o grado de toxicidad aguda, lo que se muestra en la figura 2, 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). Es importante señalar que estos indicadores no proporcionan información sobre los efectos crónicos, ni sobre la citotoxicidad de algún compuesto (FAO, 2002)

### Clasificación toxicológica y etiquetado de plaguicidas de acuerdo a la oms (2006)




CATEGORIA TOXICOLOGICA	Símbolo pictográfico para cada categoría	DL50 aguda: mg de formulación por Kg de peso corporal			
		Vía oral		Vía cutánea	
		Solido	Liquido	Solido	Liquido
EXTREMADAMENTE PELIGROSO		5 o menos	20 o menos	10 o menos	40 o menos
ALTAMENTE TOXICO		5-50	20-200	10-100	40-400
MODERADAMENTE PELIGROSO		50-500	200-2000	100-1000	400-4000
LIGERAMENTE PELIGROSO	CUIDADO	500-2000	2000-3000	Más de 1000	Más de 4000
	PRECAUCION	Más de 2000	Más de 3000		

Figura 2. Clasificación de los plaguicidas según su toxicidad.

*Elaborado por: Oms*

En la figura 2 se muestra la clasificación toxicológica según la OMS en el año 2006, en la cual se puede observar que existen 5 categorías toxicológicas en color rojo (extremadamente toxico), naranja (altamente peligroso), amarillo (moderadamente peligroso), azul (ligeramente peligroso), y verde (alerta). También muestra los mg de formulación toxica que el cuerpo humano puede absorber por vía oral o cutánea.

## 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. En la figura 3 podemos observar las formas en las cuales el contaminante puede interactuar con el suelo (MINISTERIO DE COMERCIO EXTERIOR, 2017).

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. Los mecanismos que influyen en la persistencia y evolución de plaguicidas en el suelo están esquematizados. 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,, así como de las características fisicoquímicas del compuesto de que se trate (MINISTERIO DE COMERCIO EXTERIOR, 2017).

### Las interacciones del plaguicida en el suelo determinan su evolución

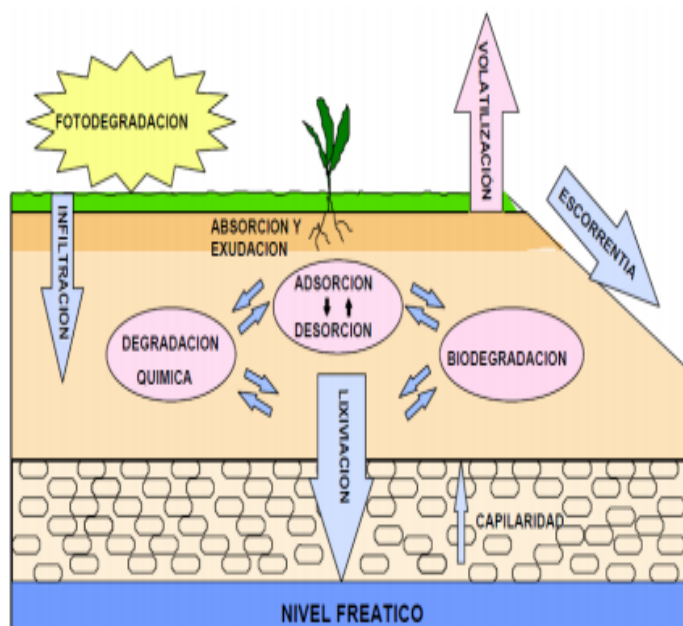


Figura 3. Dinámica de los plaguicidas en el suelo

Elaborado por: (INTAGRI, 2017)

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) y procesos de transporte (difusión, lixiviación, volatilización).

#### 2.2.4 El cadmio.

El cadmio en los suelos

El término medio de cadmio en suelos ha sido colocado entre 0,07 y 3 mg.kg-1, considerando la utilización del suelo con una base natural que no aumentaría de 0,5 mg. Kg-1 como se muestra en la tabla 1. Algunos sedimentos pueden tener niveles de cadmio muy altos ya que las rocas de las que se formaron tenían el componente en su combinación.

Una de las formas de integración del cadmio a los suelos activos en la agricultura es la fertilización o fecundación fosfática. Las rocas fosfóricas, que son la materia prima de todos los fertilizantes fosfáticos, contienen niveles de metales pesados que cambian según su origen geográfico, pero que por lo general están a un nivel alto al promedio de la corteza terrestre. Los metales se mantienen en una proporción considerable en los fertilizantes industriales que luego son aplicados al suelo junto con el fósforo (Rodríguez, 2017).

Tabla 1. Normativa ambiental de criterios de calidad de suelos

Sustancia	Unidades (Concentración en Peso Seco)	Suelo
Parámetros Generales		
Conductividad	mmhos/cm	2
pH		6 a 8
Arsénico (inorgánico)	mg/kg	5
Azufre (elemental)	mg/kg	250
Bario	mg/kg	200
Boro (soluble en agua caliente)	mg/kg	1
Cadmio	mg/kg	0,5
Cobalto	mg/kg	10
Cobre	mg/kg	30

Tabla 2. Normativa ambiental de criterios de calidad de suelos

Cromo Total	mg/kg	20
Cromo VI	mg/kg	2,5
Cianuro (libre)	mg/kg	0,25
Estaño	mg/kg	5
Flúor (total)	mg/kg	200
Mercurio	mg/kg	0,1

Fuente: Texto Unificado de Legislación Ambiental 2017

A partir de las aguas servidas urbanas se obtienen lodos que por su contenido de nutrientes son usados en la fertilización de algunos cultivos y que debido a sus elevados niveles en materia orgánica se ha verificado que pueden ser útiles en la recuperación de suelos afectados por procesos de desertificación. Cuando estos lodos o fangos provienen de aguas que han recibido efluentes industriales, su aplicación y uso continua en áreas agrícolas de tal manera que pueden producir la concentración de estos elementos en los suelos. Entre los metales pesados que se puede encontrar en los lodos, es el cadmio el cual genera más riesgos ambientales por su movilidad en los suelos y la facilidad con que es absorbido por las plantas (Guarderas, 2019).

Fuentes de contaminación con cadmio de importancia más local y con menor repercusión en los suelos agrícolas, son la contribución aérea, ya sea en forma de polvo y vapores, procedente del aprovechamiento o explotación de minas, de fusión de metales y de plantas incineradoras. El cadmio de origen antropogénico, generalmente presente en los horizontes superficiales, será más disponible que el proveniente de la meteorización de rocas, pero su absorción por las plantas depende de factores del suelo y del cultivo. Aquellos factores y condiciones del suelo que favorezcan la movilidad del elemento también facilitarán la absorción por las plantas, mientras que los que contribuyan a su retención por la matriz del suelo disminuirán la disponibilidad del elemento (Katherine, 2017).

En general, mientras mayor sea el pH del suelo, mayor será la retención del cadmio, esto significa que a pH ácidos la biodisponibilidad del metal es mayor mientras que a pH básicos el metal se vuelve más estable en el suelo.

Hay varias razones para ello, entre ellas la formación de especies con menor densidad de carga negativa por la unión del ion metálico con los iones OH<sup>-</sup> y el incremento de las cargas negativas en la superficie de óxidos o de otros materiales de carga variable

donde el ion metálico puede adsorberse. La presencia de carbonatos también contribuye a la retención del cadmio en formas poco disponibles para las plantas (Rodríguez, 2017).

La mineralogía de los suelos también puede ser determinante en la disponibilidad de cadmio para las plantas. Los suelos que posean elevada capacidad de intercambio catiónico bien sea por su material parental o su proceso edafogémico, tendrán también una mayor capacidad para retener cadmio. La cantidad de cadmio nativo en los suelos generalmente sigue el orden natural de la evolución de éstos, con los valores más bajos en los suelos más evolucionados, de pH ácido, bajos valores de CIC y textura gruesa (Bautista, 2012).

La materia orgánica puede tener efectos opuestos sobre la disponibilidad de cadmio. La fracción soluble puede acomplejar el cadmio, facilitar su movilidad en el suelo y al mineralizarse, dejar al metal en forma más disponible para las plantas. La fracción orgánica más estabilizada, más resistente a la mineralización, puede retener los metales pesados en general, y en particular el cadmio, en formas no disponibles para las plantas. Esta ambivalencia de la materia orgánica en cuanto a la disponibilidad de los metales pesados, se refleja en la existencia de dos hipótesis, ambas sustentadas por resultados experimentales, sobre el efecto de la aplicación en suelos agrícolas de lodos residuales. Por una parte, hay quienes apoyan la hipótesis de que los metales pesados contenidos en los lodos pueden mantenerse en formas no disponibles mientras estén presentes en los suelos; y por otra, hay quienes consideran que una vez adsorbidos los metales por la materia orgánica la mineralización de ésta los dejaría en formas más disponibles. Adicionalmente, la aplicación a los suelos de materiales tan complejos, además de aportar diferentes elementos a éstos, puede producir efectos que difieran de un suelo a otro al modificar algunas de sus propiedades como el pH, la CIC y la conductividad eléctrica (Rodríguez, 2017).

Reacciones en las que se originen productos ácidos en el suelo o disminuciones de pH de éste, favorecerán la disponibilidad del cadmio, como podría ocurrir con la aplicación de ciertos fertilizantes y enmiendas, con la incorporación de materia orgánica en las etapas iniciales de descomposición o en el caso de ciertas prácticas de manejo (Bautista, 2012).

#### **2.2.4.1 EFECTOS DEL CADMIO EN LA SALUD**

Los efectos de la toxicidad por Cd dependen del tipo de exposición, ya sea a través de la inhalación de aire contaminado, particularmente cerca de fundidoras y las incineradoras o del humo del cigarro, consumo de alimentos y agua contaminadas, además la deficiencia de metales esenciales como el hierro (Fe), Cu, Zn y calcio (Ca) en el cuerpo humano facilita la absorción de Cd, por lo tanto sus órganos blanco son el riñón (especialmente la corteza renal), hígado, pulmón, hueso y placenta. Se estima que entre un 10-50% de Cd se absorbe en pulmón, mientras que a nivel gastrointestinal la absorción es del 8%. Así, en fumadores, se ha encontrado que la concentración de Cd en la sangre es de 1-4 µg/l, un valor de 4 a 5 veces más alto que en los no fumadores. Se sabe que un cigarro contiene entre 0,5-3 µg de Cd por gramo de tabaco, dando como resultado una absorción de 3 µg diarios por vía respiratoria. Además del tabaco, alimentos como mariscos tienen altas concentraciones de Cd. El Cd asimilado, es captado por el hígado donde forma complejos con pequeños péptidos como el glutatión (GSH) (Cd-GSH) o con proteínas de bajo peso molecular como la metalotioneína (MT) (Cd-MT) y es secretado en la bilis o bien liberado a la circulación. Estos complejos son una forma importante de transporte y almacenamiento del metal dentro del organismo, explicando así su larga vida biológica entre los 10-30 años (Gomez, 2015).

### **2.3 Recuperación de suelos contaminados**

Los procesos o técnicas desarrollados en la actualidad para el tratamiento y recuperación de suelos contaminados tienen como objetivo de aislar, remover o degradar los compuestos que generan la contaminación con el fin de evitar un mayor riesgo de exposición. Para cumplir estos objetivos se utilizan metodologías de carácter físico, químico, térmico y biológico. El definir qué clase de técnica se van a aplicar en un determinado caso depende de factores como: Características del suelo, características del contaminante, disponibilidad económica, tiempo a emplearse para la recuperación, Eficiencia que se espera del tratamiento, extensión del área contaminada, concentración del contaminante (Velasco, 2012).

#### **2.3.1 Técnicas de recuperación de suelos.**

Tomando en cuenta el sitio donde se va a aplicar la técnica de remediación, los tratamientos se dividen en dos grupos: In-situ, que son aquellos que se realizan en el

sitio mismo donde se encuentra el contaminante y *Ex-situ*, que son aquellos que se realizan fuera del sitio donde se produjo la contaminación, para lo cual previo al aplicar el proceso se debe realizar la excavación y transporte, a otro lugar, de todo el suelo contaminado. Los tratamientos *In-situ* son menos costosos, pero toman un mayor tiempo en su aplicación y su eficacia en algunos casos no es alta debido a la dificultad para usar la técnica en el subsuelo. Por el otro lado, los tratamientos *Ex-situ* son más costosos pero en la mayoría de los casos el tiempo empleado es mucho menor y su eficiencia es mayor ya que el agente descontaminante es puesto en contacto con todo el suelo (Cueva M. E., 2019).

Dependiendo de los objetivos que se quieren alcanzar, los tratamientos de recuperación de suelos degradados se dividen en:

**Técnicas de contención:** Consisten en colocar barreras físicas ya sean horizontales o verticales para aislar al contaminante, impedir su propagación y evitar su contacto con el hombre y medio ambiente.

**Técnicas de confinamiento:** Consisten en adición de sustancias en el suelo para obtener un material sólido, reduciendo la solubilidad y movilidad de los contaminantes. Un ejemplo de estas técnicas puede ser la encapsulación utilizando cemento u hormigón.

**Técnicas de descontaminación:** Consisten en reducir la concentración de los contaminantes en los suelos.

Tabla 3. Técnicas de tratamiento de suelos contaminados.

<b>Tipo de tratamiento</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Aplicación</b>
Físico-Químico	Extracción	In situ
	Lavado	Ex situ
	Electrocinética	In situ
	Adición de Enmiendas	In situ
	Barreras Permeables Activas	In situ
	Incineración	Ex situ
Térmico	Desorción Térmica	Ex situ
	Estabilización Físico-Química	Ex situ

Tabla 3. Técnicas de tratamiento de suelos contaminados.

Tipo de tratamiento	Tratamiento	Aplicación
Biológico	Biotransformación de Metales	In situ
	Fitoremediación	In situ
	Bioventing	In situ
	Landfarming	Ex situ
	bio-pilas	Ex situ
	Barreras Verticales	In situ
Contención	Barreras Horizontales	In situ
	Barreras de Suelo Seco	In situ
	Sellado Profundo	In situ
	Barreras Hidráulicas	In situ
	Extracción Multifase	In situ
Mixto	Atenuación Natural	In situ
Confinamiento	Inyección de Solidificantes	In situ
	Vitrificación	Ex situ
	Biodegradación Asistida	In situ

Fuente: (Velasco, 2012)

### 2.3.2 Fitorremediación.

La fitoremediación es una metodología para el tratamiento de suelos, aguas y aire contaminados, que hace uso de la capacidad que tienen algunas especies vegetales de crecer y desarrollarse en ambientes adversos, contaminados con metales pesados y compuestos orgánicos como solventes, nutrientes en exceso, hidrocarburos, etc. Las especies vegetales que presentan estas características, al estar en contacto con la sustancia contaminante pueden removerlas, inmovilizarlas, acumularlas o biotransformarlas, debido a que tienen mecanismos constitutivos y adaptados para tolerar un elevado contenido de contaminantes en su rizósfera y en sus tejidos (Dias, 2008).

El concepto de utilizar plantas como medio de recuperación no es una idea nueva, ya que hace 3000 años los humanos empleaba algunas especies vegetales con el fin de obtener agua relativamente de calidad para el consumo (Roger, 2017)..

A partir de los años 1970, la investigación y el uso de esta técnica se han incrementado, un ejemplo es el país de Rusia, el cual invirtió en estudios en donde se realizaron estudios en plantas para la limpieza de suelos contaminados con radio nucleótidos; también esta metodología se ha aplicado como solución a problemas de contaminación con plaguicidas y metales (Roger, 2017).

Tabla 4. Técnicas de tratamiento de suelos contaminados de acuerdo a la clase de contaminante

<b>Tratamiento</b>	<b>Tipo de contaminantes tratados</b>
Extracción	Compuestos orgánicos volátiles y semivolátiles, combustibles, metales, PCBs, hidrocarburos aromáticos policíclicos, disolventes halogenados y clorados, etc.
Lavado	Compuestos orgánicos semivolátiles, hidrocarburos derivados del petróleo, cianuros y metales.
<i>Flushing</i>	Todo tipo de contaminantes, especialmente inorgánicos.
Electrocinética	Especialmente metales solubles o complejos.
Adición de enmiendas	Fundamentalmente sales y metales.
Barreras permeables activas	Contaminantes orgánicos biodegradables, metales, nitratos, sulfatos.
Oxidación ultravioleta	Amplio espectro de contaminantes orgánicos y explosivos (hidrocarburos del petróleo, hidrocarburos clorados, compuestos orgánicos volátiles y semivolátiles, alcoholes, cetonas, aldehídos, fenoles, éteres, pesticidas, dioxinas, PCBs, TNT, RDX y HMX)
Biodegradación	Amplio espectro de contaminantes orgánicos biodegradables
Fitorrecuperación	Metales, pesticidas, fungicidas, solventes, explosivos, hidrocarburos aromáticos, policíclicos, crudo
<i>Bioventing</i>	Hidrocarburos del petróleo de peso mediano, explosivos (DDT, DNT)
<i>Landfarming</i>	Fundamentalmente hidrocarburos del petróleo de peso mediano
Biopilas	Derivados del petróleo, compuestos orgánicos volátiles halogenados y no halogenados, compuestos orgánicos semivolátiles y pesticidas
Compostaje	Explosivos (TNT, RDX y HMX), hidrocarburos aromáticos policíclicos, hidrocarburos del petróleo, clorofenoles y pesticidas

Tabla 4. Técnicas de tratamiento de suelos contaminados de acuerdo a la clase de contaminante

Desorción térmica	Compuestos orgánicos volátiles no halogenados, combustibles, algunos compuestos orgánicos semivolátiles, hidrocarburos aromáticos policíclicos, PCBs, pesticidas y metales volátiles
Extracción multifase	Compuestos orgánicos volátiles, en disolución y compuestos orgánicos no acuosos en fase libre
Atenuación natural	Compuestos BTEX (benceno, tolueno, etil benceno y xileno), hidrocarburos clorados, algunos pesticidas y compuestos inorgánicos
Biopilas	Derivados del petróleo, compuestos orgánicos volátiles halogenados y no halogenados, compuestos orgánicos semivolátiles y pesticidas
Compostaje	Explosivos (TNT, RDX y HMX), hidrocarburos aromáticos policíclicos, hidrocarburos del petróleo, clorofenoles y pesticidas
Lodos biológicos	Compuestos orgánicos volátiles y semivolátiles no halogenados, explosivos, hidrocarburos del petróleo, petroquímicos, solventes y Pesticidas
Incineración	Explosivos, hidrocarburos clorados, PCBs y dioxinas
Desorción térmica	Compuestos orgánicos volátiles no halogenados, combustibles, algunos compuestos orgánicos semivolátiles, hidrocarburos aromáticos policíclicos, PCBs, pesticidas y metales volátiles
Extracción multifase	Compuestos orgánicos volátiles, en disolución y compuestos orgánicos no acuosos en fase libre
Atenuación natural	Compuestos BTEX (benceno, tolueno, etil benceno y xileno), hidrocarburos clorados, algunos pesticidas y compuestos inorgánicos
Lodos biológicos	Compuestos orgánicos volátiles y semivolátiles no halogenados, explosivos, hidrocarburos del petróleo, petroquímicos, solventes y Pesticidas
Incineración	Explosivos, hidrocarburos clorados, PCBs y dioxinas

FUENTE: (Velasco, 2012)

### 2.3.3 Características de la fitoremediación.

Las principales características de esta técnica de bioremediación son:

Es una metodología mucho más barata y asequible que otras metodologías en la actualidad, no requiere de personal altamente capacitado ni de equipos sofisticados y costosos, se puede emplear muchos tipos de plantas, arbustos y árboles que son fáciles

de conseguir dependiendo de las características físicas y geográficas del lugar donde se vaya aplicar la fitoremediación, con un correcto manejo, la técnica visualmente puede ser agradable y no deteriorar el paisaje, el tratamiento solo se limita a la capa superficial del suelo debido a que es allí donde las raíces de las plantas actúan, para suelos altamente contaminados y de grandes extensiones, la inversión de tiempo puede ser mucho mayor que para sitios de contaminación puntual, las plantas que se obtienen como producto, debido a su alta concentración de contaminantes en sus tejidos son consideradas como material peligroso que deben tener una correcta disposición final, una correcta selección de especies vegetales a ser empleadas, así como hacer un uso adecuado de propiedades que ayuden a la supervivencia y desarrollo de las plantas como materia orgánica, cal, agentes quelantes, etc. contribuirán a la obtención de buenos resultados con la técnica (Montaberry, 2016).

#### **2.3.4 Tipos de fitorremediación.**

Existen varios mecanismos por los cuales las plantas tratan a los contaminantes, sin embargo, los más relevantes que se tienen son: fitoextracción, fitoestabilización, fitovolatilización, rizofiltración y fitodegradación.

**Fitoextracción.**- Es el mecanismo por medio del cual las plantas extraen el contaminante del suelo y lo almacenan en las hojas, tallo (partes aéreas) y en las raíces. Luego del proceso, se debe cosechar las plantas y disponerlas de manera adecuada como por ejemplo mediante la incineración de las mismas. Si el contaminante como en el caso de los metales es de utilidad, se lo puede recuperar por medio de las cenizas producto de la incineración. Esta técnica se emplea principalmente para metales pesados ( $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Se}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ) y compuestos inorgánicos como radio-nucleótidos. Las especies vegetales que se empleen utilizando este mecanismo deben ser plantas que toleren altas concentraciones de metales y los acumulen en las partes cosechables; además deben tener una tasa de crecimiento alta y producir gran volumen de biomasa. Algunas plantas utilizadas típicamente son: girasol, nabo, mostaza de la india, cebada, lúpulo, ortiga y diente de león (Jimenes, 2009).

**Fitoestabilización.**- En este tipo de fitorremediación, se utilizan las plantas resistentes a los tóxicos como barreras para impedir la movilidad de los contaminantes y reducir la escorrentía superficial y subsuperficial de los mismos, mejorando las propiedades físicas del suelo y protegiéndolo contra la erosión. Los compuestos que se pueden tratar

mediante la fitoestabilización son metales ( $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $As^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Se^{2+}$ , U), PAH's, PCB's, dioxinas, furanos, DDT entre otros. Las plantas a utilizarse a más de ser resistentes a los tóxicos deben ser capaces de retener e inmovilizar los metales vía reducción y posterior precipitación, además de acumular bajas concentraciones en las raíces. Plantas características que se utilizan son árboles que transpiren grandes cantidades de agua, pastos con raíces fibrosas que impidan la erosión del suelo y plantas con sistemas radicales robustos capaces de adsorber contaminantes (Chapman, 2015).

Fitodegradación.- Consiste en la captación, almacenamiento y degradación de los contaminantes por parte de las plantas. La base de este mecanismo es que las plantas captan los tóxicos y los metabolizan dentro de sus tejidos por influencia de enzimas como la oxigenasa y la dehalogenasa que ayudan a catalizar la degradación, disminuyendo o anulando la toxicidad de las sustancias peligrosas. Esta técnica es útil para compuestos orgánicos como herbicidas, aromáticos, alifáticos clorados, nutrientes en exceso y sustancias explosivas como el TNT. Para hacer uso de la fitodegradación hay que tomar en cuenta la concentración y propiedades físico-químicas del compuesto en el suelo, propiedades de la especie vegetal y características del medio como humedad, temperatura, viento, etc. La vegetación que se utiliza en estos casos son árboles freatófitos, pasturas, leguminosas entre otras (Jimenes, 2009).

Fitovolatilización.- Implica la utilización de plantas para que estas capturen los contaminantes del suelo, los modifiquen y los liberen a la atmósfera por medio de la transpiración. Las sustancias para las que puede utilizarse son: compuestos orgánicos con formas volátiles como el TCE (Tricloroetano) o MTBE (Éter metil-terc-butílico) o para compuestos inorgánicos que pueden existir en forma volátil como el Hg y Se (Chapman, 2015).

Rizofiltración.- Proceso por medio del cual las raíces de las plantas captan, precipitan y concentran los metales pesados a partir de efluentes líquidos. Se utiliza para remediar aguas subterráneas, aguas superficiales y aguas residuales. Los compuestos para los que se aplica esta metodología pueden ser compuestos inorgánicos como metales, percloratos, cianuro, nitratos y fosfatos, además de compuestos orgánicos como herbicidas y explosivos (Chapman, 2015).

Las principales características que debe reunir la especie vegetal para aplicar la rizofiltración es que esta debe tener raíces de crecimiento rápido y de abundante

ramificación, debe poder eliminar los contaminantes por periodos largos y no debe ser un translocador eficiente al tallo. Las plantas acuáticas como las algas son buenas opciones a ser empleadas (Chapman, 2015).

## **2.4 Plantas a utilizarse**

Para el tratamiento de metales pesados en el suelo, el mecanismo más utilizado es la fitoextracción, ya que las especies vegetales tienen la capacidad de captar y acumular los metales especialmente en la parte aérea como son el tallo y las hojas. Para obtener buenos resultados, la clave consiste en hacer una selección adecuada de las plantas a utilizar, que más de cumplir las características descritas en el apartado anterior; deben almacenar grandes cantidades del contaminante en sus tejidos. Existen un grupo de plantas que tienen la singular capacidad de retener altas concentraciones de metales en su organismo las cuales son llamadas plantas hiperacumuladoras. Una determinada especie de planta es considerada hiperacumuladora cuando puede almacenar 1000 mg/kg en peso seco independientemente de la concentración del contaminante en el suelo. Estudios desarrollados desde los años 1980 hasta la actualidad han definido más de 400 especies de plantas hiperacumuladoras, de las familias *Asteraceae* y *Asphodelaceae*,

Para hacer la selección de las especies vegetales a utilizar en esta investigación, se tomó en cuenta la disponibilidad y adaptación para crecer en el medio. Con estos antecedentes, los bioensayos se realizaron en la especie *Taraxacum officinale* o diente de león y *Aloe vera* o sábila (Cueva M. E., 2019).

### **2.4.1 *Taraxacum officinale*.**

Su nombre común es diente de león y pertenece a la familia *Asteraceae*. *Taraxacum officinale* o diente de león es una planta perenne, es decir, que presenta hojas o follaje durante todo el año. Presenta una altura que va desde los 5 a 25 cm. Posee una raíz principal gruesa con pequeñas ramificaciones, hojas con bordes dentados con microvellosidades y lóbulos arqueados; sus flores de color amarillo son hermafroditas con un diámetro promedio de 2,5 cm. las cuales se sostienen en pedúnculos largos y huecos (Hernan, 2016)

El fruto es un aquenio pardo con varios dientes divergentes que bordean un filamento que a su vez soporta un penacho de pelos conocido como el vilano. Esta especie de planta es

de origen europeo, pero en la actualidad está extendida por todo el planeta. Generalmente se le considera como hierba mala debido a su facilidad para desarrollarse en diferentes tipos de suelo. *Taraxacum officinale* ha sido utilizado por los seres humanos para tratar problemas del sistema urinario y estreñimiento (Perez, 2019).

También se lo utiliza para el consumo en ensaladas en los países mediterráneos. Según (Vibrans, 2009) *Taraxacum officinale* es una planta característica de la familia Asteraceae utilizada para tratamientos de fitoextracción de metales pesados especialmente para cadmio (Perez, 2019).

### 2.4.2 Aloe vera.

Con respecto a la Sábila (*Aloe vera*), “es una especie muy conocida por la población, puesto que se utiliza para tratar algunas enfermedades. Existen alrededor de 360 especies diferentes pertenecientes a la misma familia, es muy fácil de cultivar, sus hojas son de color verde (pigmento). El desarrollo de la especie está limitado por diferentes factores como el clima y el tipo de suelo, puede llegar a crecer hasta los 50 centímetros (Cueva M. E., 2019). En la tabla 4 podemos ver su composición química.

Tabla 5. Estructura y composición química de la especie aloe vera

COMPOSICIÓN	COMPUESTOS
Antraquinonas	Ácido aloico, ácido crisofánico, emodina, aloe emodina, éster de ácido cinámico, aloína, resistanol, antraceno
Vitaminas	Ac. Fosfórico, vitamina B1, colina, vitamina B2, vitamina c, vitamina B3, B6
Minerales	Calcio, Magnesio, Potasio, Zinc, Sodio, Cobre, Hierro, Manganeso, Fosforo
Carbohidratos	Celulosa, galactosa, glucosa, xilosa, manosa, arabinosa, aldopentosa
Enzimas	Amilasa, ciclohidrolasa, lipasa, catalasa, oxidasa

FUENTE: Texto Unificado de Legislación Ambiental, 2017

## CAPÍTULO III

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Materiales

##### 3.1.1 Suelo contaminado.

El suelo utilizado en la experimentación es de la bananera los Álamos ubicada en el cantón Naranjal. Para ello se ubicarán cuatro (4) puntos que servirá para la recolección de muestras. Estos puntos se encuentran ubicados alrededor de la bodega de almacenamiento de material de fumigación, para lo cual se procedió a obtener un muestreo homogéneo al azar del mencionado suelo. Los principios generales de la toma de muestras de suelos para análisis y ensayos que se tomó en cuenta en este caso fueron:

Tomar varias muestras de suelo alrededor de un área determinada y a una misma profundidad, hacer una muestra compuesta con todas las muestras tomados en el área, no tomar muestras en la superficie debido a que pueden estar contaminadas con residuos orgánicos e inorgánicos, abonos, fertilizantes, etc., la recolección de muestras alrededor del lugar de almacenamiento de fertilizantes se realizó a una profundidad de 40 cm por debajo de la superficie. Haciendo referencia a estos principios, las muestras fueron mezcladas para obtener una muestra compuesta.

En la figura 4 y 5 el podemos observar la toma de muestra por el experimentador en los puntos específicos alrededor de la bodega de productos fitosanitarios. En la tabla 6 se muestra la profundidad de la toma de muestra para los diferentes usos.

Tabla 6. Profundidad del muestreo según el uso del suelo

USO DE SUELO	PROFUNDIDAD DE MUESTRA
SUELO AGRICOLA	0-30cm
	30-60cm
SUELO RESIDENCIAL-PARQUES	0-10cm
	10-30cm
SUELO COMERCIAL- INDUSTRIAS	0-10cm

Fuente: guía para el muestro de suelos minam. (2013)

## Recolección de suelo bananero

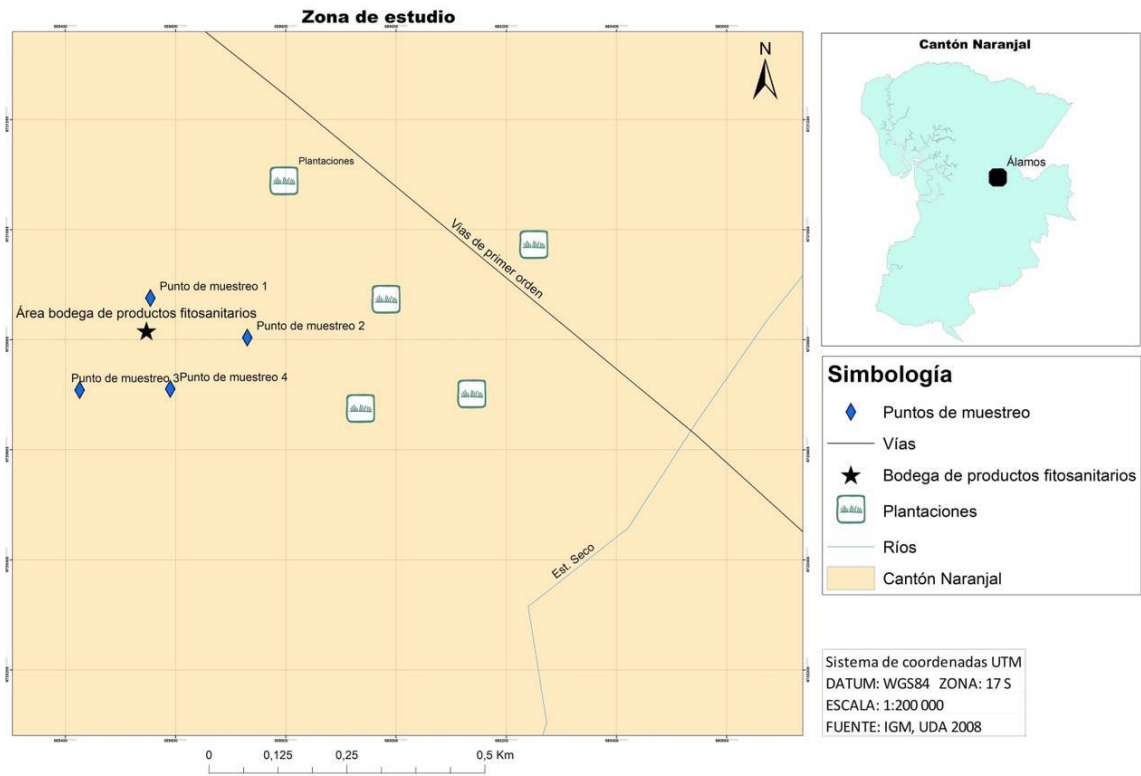


Figura 4. Mapa de ubicación de la zona de estudio

*Elaborado por: El autor*



Figura 5. Recolección de muestras de suelo

*Elaborado por: El autor*

### 3.1.2 Unidades experimentales.

Las unidades experimentales fueron recipientes de madera, utilizados para colocar el suelo a tratar, estos tienen una medida de 35cm X 35cm y una profundidad de 10 cm, esto debido a que las raíces del diente de león y la sábila tienen una medida entre los 3 a 5 cm de profundidad, estas unidades experimentales tienen una capacidad para portar 5kg de suelo para el proceso de desarrollo de las plantas para el crecimiento y posteriormente para el tratamiento de fitorremediación.

## 3.2 Metodología

### 3.2.1 Diseño de investigación.

Es una investigación experimental de bloques al azar de 5 x 3 dando un total de 15 unidades experimentales cada una con 5kg de suelo, la experimentación se realizará *ex situ* en la ciudad de Cuenca. Como se muestra en la figura 6, existen 5 tratamientos (To) como tratamiento testigo, (S3) con aplicación de tres plantas de sábila, S5 con aplicación de cinco plantas de sábila, (DL10) con aplicación de diez plantas de sábila, (DL20) con aplicación de veinte plantas de sábila.

#### Diseño para la experimentación con los distintos tratamientos (To, S3, S5, DL10, DL20)

To	T1	T2	T3	T4
	DL10	DL20	S3	S5
(To) R1	(DL10) R1	(DL20) R1	(S3) R1	(S5) R1
(To) R2	(DL10) R2	(DL20) R2	(S3) R2	(S5) R2
(To) R3	(DL10) R3	(DL20) R3	(S3) R3	(S5) R3

Figura 6. Diseño experimental

Elaborado por: El autor

El tratamiento tendrá una duración de 60 días de fitorremediación como lo dice (Katherine, 2017) para lo cual se medirán parámetros como el nivel de cadmio en el suelo cada 15 días, pH cada 15 días, humedad, textura y materia orgánica al inicio y final del tratamiento, esto para poder comprobar teorías investigadas.

### 3.2.2 Construcción de las unidades experimentales.

En la figura 7 se muestra las unidades experimentales en las cuales se pesó 5kg de suelo en cada una de las 15 unidades experimentales con la muestra recolectada en el campo (bananera).

Se compró 24 plantas de la especie (*Aloe vera*) y 90 plantas de la especie (*Taraxacum officinale*) las cuales serán trasplantadas en cada unidad experimental de cada tratamiento.

### CONSTRUCCIÓN DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES



Figura 7. Trasplante de sábila

*Elaborado por: El autor*

En la figura 8 y 9 se muestran las unidades experimentales con sus respectivos trasplantes de cada una de las especies.

## **TRANSPLANTE DE *TARAXACUM OFFICINALE* (DIENTE DE LEON) PARA TRATAMIENTO (DL10)**

En la figura 8 se observa la aplicación del tratamiento DL10 para el proceso de fitorremediación.



Figura 8. Trasplante de diente de león

*Elaborado por: El autor*

## **TRANSPLANTE DE *ALOE VERA* (SABILA) DEL TRATAMIENTO S5**

En la figura 9 se observa la implementación del tratamiento S5 para el proceso de fitorremediación.



Figura 9. Trasplante de sábila

*Elaborado por: El autor*

### 3.2.3 Variables, Operacionales.

#### Variable Independiente

Número de plantas por tratamiento de *Taraxacum officinale* (Diente de león) y el *Aloe vera* (Sábila).

#### Variable Dependiente

Concentración de Cd en el suelo.

### 3.2.4 Toma de muestra desde las unidades experimentales para análisis.

Se tomó 166gr suelo de las tres repeticiones de cada tratamiento, se homogenizó formando una muestra compuesta de 500 gramos, para su posterior análisis en laboratorio (concentración de Cd) como se observa en la figura 10.

#### Toma de muestra de cada tratamiento para la determinación de cadmio



Figura 10. Recolección de muestras de suelo para análisis de laboratorio

*Elaborado por: El autor*

En la figura 10 se observa las muestras de suelo que se tomaron de las unidades experimentales colocadas en papel aluminio y dentro de fundas herméticas para evitar

cualquier tipo de contaminación esto debido a que se trabajó siguiendo las normas del método analítico “AAA-PE-SO11/EPA 3051/7061 A”

### **3.2.5 Parámetros de caracterización del suelo.**

#### ***a. Niveles de cadmio en el suelo***

Para la determinación de cadmio en el suelo se utilizará distintas normativas como TULSMA, el método analítico utilizado será el AAA-PE-SO11/EPA 3051/7061 A, se enviarán muestras de suelo de cada uno de los tratamientos para su posterior análisis.

#### ***b. pH***

El pH se define como el grado de acidez o alcalinidad de una solución, la determinación del pH se realizó mezclando el suelo con agua destilada en una proporción 1 a 2 para posteriormente con la ayuda de un pH-metro establecer en la escala de 0 a 14 el valor del pH del sobrenadante.

Los materiales y reactivos utilizados para medir de pH del suelo fueron: Multiparamétrico, estufa, vasos de precipitación, varilla de vidrio, balanza analítica, piceta, agua destilada.

En la figura 11 se muestra un multiparamétrico determinando el nivel del pH

La metodología utilizada para la determinación de pH fue la siguiente:

Se pesó 50gr en un tamiz de 2mm para separar piedras que puedan lastimar el vaso de precipitación.

Se tomó 20 gr de suelo y se dejó a secar a una temperatura de 60°C durante dos horas para quitar la humedad existente.

Una vez secado los 20 gr de suelo los cuales se mesclarán con 50ml de agua destilada y se agitó con la varilla de vidrio o agitador magnético por un lapso de tiempo de 20 minutos para que la mezcla del agua y el suelo sea homogénea.

Se dejó reposar la muestra por 15 minutos. Luego se calibrará el medidor de pH con soluciones estándar.

Pasados los 15 minutos, se midió el pH, registrando con ayuda de un multiparamétrico.

## Determinación de (pH) de un suelo bananero



Figura 11. Determinación del pH con multiparamétrico

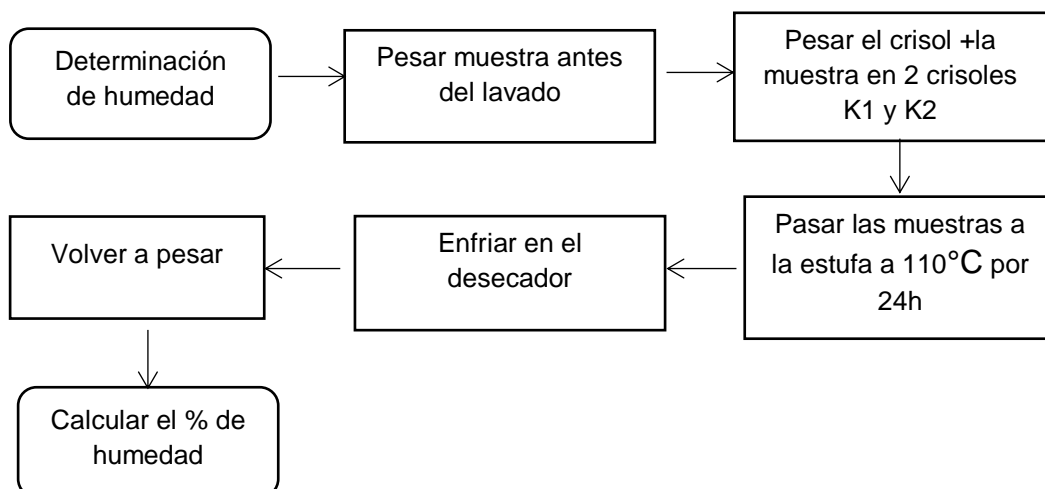
*Elaborado por: El autor*

### c. **Humedad**

La humedad se refiere a la cantidad de agua existente en un determinado volumen de suelo. Este parámetro se calculó mediante gravimetría, es decir, midiendo la masa del suelo húmedo y la masa del suelo seco. En la figura 12 se muestra el peso de la muestra en el crisol.

El porcentaje de humedad se obtiene por diferencia de masas. Los materiales empleados para la medición fueron: Estufa, desecador, crisoles, balanza analítica, pinzas

El procedimiento que se siguió para determinar la humedad fue el siguiente:



## Peso de muestras



Figura 12. Muestras de suelo en crisoles K1 y K2

*Elaborado por: El autor*

$$\text{Ecuación \# 1 \%Humedad}(W) = \frac{(MH+T)-(MS+T)}{(MS+T)-T} * 100$$

Dónde:

MH=Masa de muestra húmeda

MS=Masa de muestra seca

T=masa de crisol

### ***d. Textura***

Para determinar la textura del suelo se debe determinar el porcentaje existente de arena, limo y arcilla del suelo. Una vez obtenido los porcentajes se procedió a determinar la textura del suelo mediante el triángulo de texturas desarrollado por la USDA. En donde se debe determinar el peso seco para cada tamiz.

$$\text{Ecuación \# 2 } (W_{seco}) = \frac{W_{Humedo}}{1 + \frac{\%WP}{100}}$$

Para aplicar el método de atembar se necesita de los siguientes materiales, equipos y reactivos: Balanza, aguitador de tamiz, tamices, Nro. 10, Nro. 30, Nro. 200, y un fondo como se muestra en la figura 13 termómetro, desecador, pozuelo

Los pasos que se siguieron para determinación de la textura del suelo fueron los siguientes:

### **Tamices a usar para la caracterización de suelo**



Figura 13. Tamices a usar, Nro. 10, Nro. 30, Nro. 200, y un fondo

*Elaborado por: El autor*

Se pesará 500 gr de suelo el cual se procedió a lavar durante 25 min en un tamiz Nro. 200 con un fondo, posteriormente se dejarán secar durante 24 h en un pozuelo.

La masa de suelo seco y lavado se pasará a la torre de tamiz para posteriormente ser agitada durante 10 min como se muestra en la figura 14.

Luego se pesará la masa retenida existente en cada uno de los tamices como se muestra en la figura 15.

### **Maquina tamizadora con los diferentes tamices**



Figura 14. Tamizador

*Elaborado por: El autor*

1. Una vez tamizado se considerará sacar los porcentajes existentes en cada uno de los tamices tomando en cuenta que el 100% es el suelo del tamiz 30,200 y su fondo.
2. Una vez conseguidos los porcentajes de arcilla, limo y arena, se calculó la textura del suelo utilizando el triángulo de texturas de la USDA. Se muestra el triángulo para la determinación de textura en la figura 16.

### Suelos filtrados en cada uno de los tamices



Figura 15. Suelos separados luego de la tamizada

*Elaborado por: El autor*

### Triángulo de caracterización de suelo

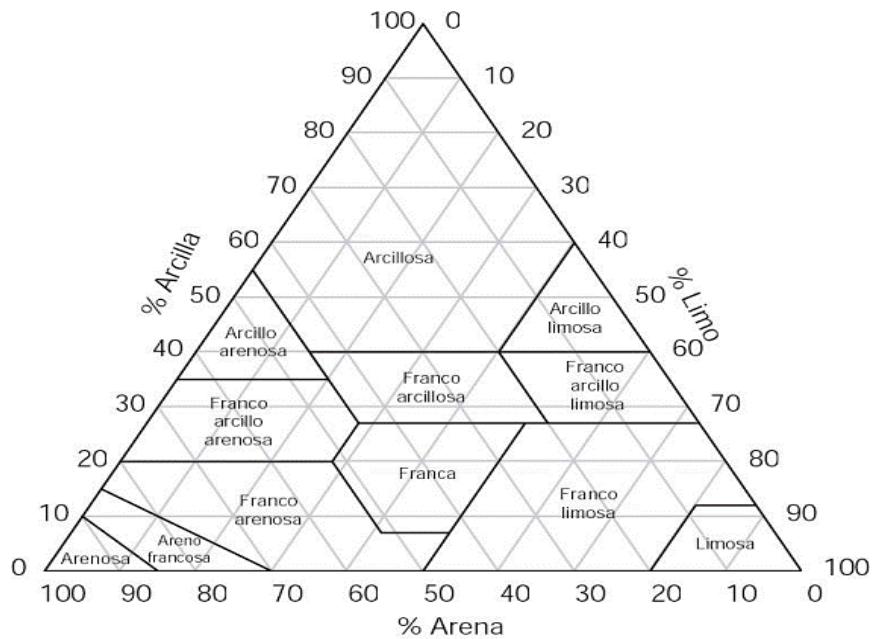


Figura 16. Triángulo para el cálculo de texturas

*Elaborado por: USDA. 200*

### ***e. Materia orgánica por calcinación***

Es un método para determinar rápidamente el contenido de materia orgánica en los suelos, consiste en calcular una muestra, considerando que solo la parte orgánica de esta será afectada si está sometida a calcinación. En la figura 16 se muestra los crisoles en el proceso de desecado. La diferencia de pesos antes y después de la calcinación debe incluir el contenido de materia orgánica de la muestra. Realizar el siguiente procedimiento:

1. Pesar 10 gr de suelo seco al aire.
2. Poner el suelo en un crisol de porcelana y dejar en la estufa a 105°C por 8 horas.
3. Pesar el suelo + crisol = A

#### **Muestras de suelo salidas de la estufa para la determinación de materia orgánica**



Figura 17. Muestras salidas de la estufa

*Elaborado por: El autor*

Poner el suelo + crisol en la estufa a una temperatura de 600°C por una hora. Durante este tiempo se pierde la materia orgánica.

Dejar enfriar

Pesar nuevamente suelo + crisol = B

Desocupe el crisol y péselo = C

En donde:

Peso el suelo + crisol = A

Peso nuevo suelo + crisol = B

Peso de crisol vacio = C

$$\text{Ecuación \# 3 } \textit{Materia organica} = (A - C) - (B - C)$$

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Resultados al inicio de la experimentación.

##### 4.1.1 Resultado de Cd al inicio de la experimentación.

En la tabla 6 se muestra el resultado obtenido de la concentración de cadmio presente en el suelo del tratamiento (To) al inicio de la experimentación.

Tabla 7. Análisis de cantidad de cadmio en el tratamiento (To)

Parámetro	Método analítico	Unidades	Resultado	Valores de norma	Cumple/ no cumple
Cadmio	AAA-PE-SO11/EPA 3051/7061 A	mg/kg	0,6	0,5	NO CUMPLE

Elaborado por: El autor

En los resultados que se muestran en la tabla 6, los valores de 0,6 mg/kg de cadmio corresponden al inicio de la experimentación, mismo que sobrepasa el valor permisible de la norma (TULSMA) del anexo 2 capítulo 4 (criterio de toma de muestras) 4,2 (criterios de calidad de suelo y remediación) 4, 2,1 (criterios de calidad) de 0,5 mg/kg, lo que nos indica que el suelo se encuentra contaminado.

##### 4.1.2 Resultado de pH al inicio de la experimentación.

En la figura 17 podemos ver el comportamiento del pH inicial del tratamiento To. En los resultados que se muestra el valor del pH es 6,04 el cual corresponde al inicio de la experimentación, mismo que está por debajo de 7 el cual lo vuelve ácido, lo que nos indica que las plantas están generando ácidos en sus raíces.



Figura 18. pH de suelo tratamiento (To)

Elaborado por: El autor

#### 4.1.3 Resultado de humedad al inicio de la experimentación.

En la tabla 7 se muestran los resultados de la humedad promedio existente en el suelo en donde:

MH: Peso muestra húmeda

T: Peso tarro K1 y K2

MS: Peso muestra seca

**K1**

$$\%Humedad(W) = \frac{(MH + T) - (MS + T)}{(MS + T) - T} * 100$$

$$\%Humedad(W) = \frac{(125,5) - (114,89)}{(114,89) - (52,27)} * 100$$

$$\%Humedad(W) = 16,94$$

**K2**

$$\%Humedad(W) = \frac{(121,38) - (110,26)}{(110,26) - (43,94)} * 100$$

$$\%Humedad(W) = 16,77$$

Tabla 8. Análisis de humedad

<b>HUMEDAD</b>		
Crisol	K1(gr)	K2(gr)
MH+T	125,50	121,38
MS+T	114,89	110,26
T	52,27	43,94
%W	16,94	16,77
%Wprom	16,86	

Elaborado por: El autor

La humedad del suelo es de un 16,8% volviéndolo un suelo seco, suelto y granulado por lo general un rasgo muy característico de este tipo de suelo es que se escurre entre los dedos fácilmente.

#### 4.1.4 Resultado de textura al inicio de la experimentación.

En la tabla 8 podemos observar el porcentaje existente de arena, limo y arcilla en el suelo esto para poder clasificarlo utilizando el triángulo de texturas.

Peso Muestra Húmeda antes del lavado = 459,8gr

Peso Muestra seca después del lavado=157,8gr

$$(W_{seco}) = \frac{W_{Humedo}}{1 + \frac{\%WP}{100}}$$

$$(W_{seco}) = \frac{459,8}{1 + \frac{\%16,86}{100}}$$

$$(W_{seco}) = 393,46gr$$

**%Retenido se calcula con una regla de tres simple.**

149,58gr      —————> 100%

Peso Retenido      —————> X

$$(\%ARENA) = \frac{100 * 2,5}{149,58}$$

$$(\%ARENA) = 1,67\%$$

$$(\%LIMO) = \frac{100 * 142,6}{149,58}$$

$$(\%LIMO) = 95,33\%$$

$$(\%ARCILLA) = \frac{100 * 4,4}{149,58}$$

$$(\%ARCILLA) = 2,94\%$$

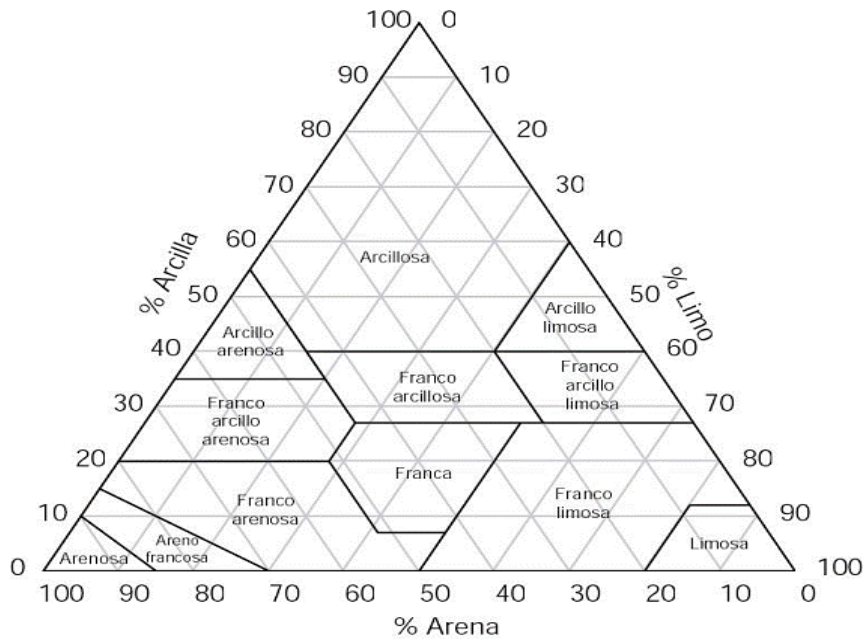
$$\left( \sum \%ARENA + LIMO + ARCILLA \right) = 1,67 + 95,33 + 2,94$$

$$\left( \sum \%Gravas + Arenas + Finos \right) = 100\%$$

Tabla 9. Análisis granulométrico

ANÁLISIS GRANULOMETRICO				
TAMIZ			PESO RETENIDO	%RETENIDO
TIPO DE SUELO	Pg	Mm	-	-
-	Nº10	2	7,6gr	SUELO DESPRECIADO
ARENA	Nº30	0,589	2,5gr	1,67
LIMO	Nº200	0,075	142,6gr	95,33
ARCILLA	Fondo	-	4,4gr	2,94
SUMA TOTAL			149.58	

Elaborado por: El autor



Según el análisis granulométrico podemos llegar a concluir que el suelo a estudiar es un suelo limoso.

#### 4.2 Resultados a los 15 días

##### 4.2.1 Resultado de Cd a los 15 días de la experimentación.

En la tabla 9 se muestra el resultado obtenido de la concentración de cadmio presente en el suelo del tratamiento (DL10) a los 15 días de la experimentación.

Tabla 10. Análisis de cantidad de cadmio en el suelo a los 15 días (DL10)

Parámetro	Método analítico	Unidades	Resultado	Valores de norma	Cumple/ no cumple
Cadmio	AAA-PE-SO11/EPA 3051/7061 A	mg/kg	0,3	0,5	Cumple

*Elaborado por: El autor*

En los resultados que se muestran en la tabla 9, los valores de 0,3 mg/kg de cadmio corresponden a los 15 días de la experimentación, mismo que disminuye del valor permisible de la norma (TULSMA) del anexo 2 capítulo 4 (criterio de toma de muestras) 4,2 (criterios de calidad de suelo y remediación) 4,2,1 (criterios de calidad) de 0,5 mg/kg, lo que nos indica que el suelo cumple ya la normativa.

En la tabla 10 se muestra el resultado obtenido de la concentración de cadmio presente en el suelo del tratamiento (DL20) a los 15 días de la experimentación.

Tabla 11. Análisis de cantidad de cadmio en el suelo a los 15 días (DL20)

Parámetro	Método analítico	Unidades	Resultado	Valores de norma	Cumple/ no cumple
Cadmio	AAA-PE-SO11/EPA 3051/7061 A	mg/kg	0,3	0,5	Cumple

*Elaborado por: El autor*

En los resultados que se muestran en la tabla 10, los valores de 0,3 mg/kg de cadmio corresponden a los 15 días de la experimentación, mismo que disminuye del valor permisible de la norma (TULSMA) del anexo 2 capítulo 4 (criterio de toma de muestras) 4,2 (criterios de calidad de suelo y remediación) 4,2,1 (criterios de calidad) de 0,5 mg/kg, lo que nos indica que el suelo cumple ya la normativa.

En la tabla 11 se muestra el resultado obtenido de la concentración de cadmio presente en el suelo del tratamiento (S3) a los 15 días de la experimentación.

Tabla 12. Análisis de cantidad de cadmio en el suelo a los 15 días (S3)

Parámetro	Método analítico	Unidades	Resultado	Valores de norma	Cumple/ no cumple
Cadmio	AAA-PE-SO11/EPA 305 1/7061 A	mg/kg	0,3	0,5	Cumple

*Elaborado por: El autor*

En los resultados que se muestran en la tabla 11, los valores de 0,3 mg/kg de cadmio corresponden a los 15 días de la experimentación, mismo que disminuye del valor permisible de la norma (TULSMA) del anexo 2 capítulo 4 (criterio de toma de muestras)

4,2 (criterios de calidad de suelo y remediación) 4,2,1 (criterios de calidad) de 0,5 mg/kg, lo que nos indica que el suelo cumple ya la normativa.

En la tabla 12 se muestra el resultado obtenido de la concentración de cadmio presente en el suelo del tratamiento (S5) a los 15 días de la experimentación.

Tabla 13. Análisis de cantidad de cadmio en el suelo a los 15 días (S5)

Parámetro	Método analítico	Unidades	Resultado	Valores de norma	Cumple/ no cumple
Cadmio	AAA-PE-SO11/EPA 3051/7061 A	mg/kg	0,3	0,5	Cumple

*Elaborado por: El autor*

En los resultados que se muestran en la tabla 12, los valores de 0,3 mg/kg de cadmio corresponden a los 15 días de la experimentación, mismo que disminuye del valor permisible de la norma (TULSMA) del anexo 2 capítulo 4 (criterio de toma de muestras) 4,2 (criterios de calidad de suelo y remediación) 4,2,1 (criterios de calidad) de 0,5 mg/kg, lo que nos indica que el suelo cumple ya la normativa.

#### 4.2.2 Resultado de pH a los 15 días de la experimentación.

En la figura 19 podemos ver lo que marco el multiparametrico del tratamiento (DL20) días. Los resultados que se muestra el valor del pH es 4,27 el cual corresponde a los 15 días de la experimentación, mismo que está por debajo de 7 el cual lo vuelve ácido, lo que nos indica que las plantas están generando ácidos en sus raíces.



Figura 19. pH de tratamiento (DL20) a los 15 días

*Elaborado por: El autor*

En la figura 20 podemos ver lo que marco el multiparametrico del tratamiento (DL10). En el resultado que se muestra el valor del pH es 5,20 el cual corresponde a los 15 días de la experimentación, mismo que está por debajo de 7 el cual lo vuelve ácido, lo que nos indica que las plantas están generando ácidos en sus raíces.



Figura 20. pH de tratamiento (DL10) a los 15 días

*Elaborado por: El autor*

En la figura 21 podemos ver lo que marco el multiparametrico del tratamiento (S5). En los resultados que se muestra el valor del pH es 5,03 el cual corresponde a los 15 días de la experimentación, mismo que está por debajo de 7 el cual lo vuelve ácido, lo que nos indica que las plantas están generando ácidos en sus raíces.

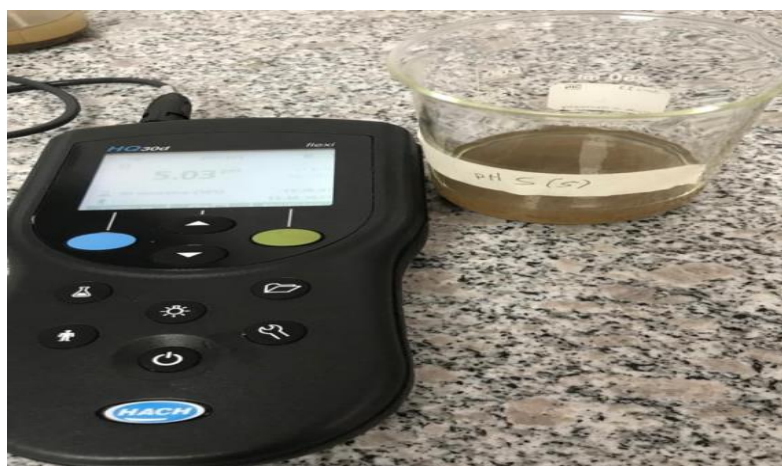


Figura 21. pH de tratamiento (S5) a los 15 días

*Elaborado por: Fabricio Rodríguez*

En la figura 22 podemos ver lo que marco el multiparametrico del tratamiento (S3). En el resultado que se muestra el valor del pH es 5,26 el cual corresponde a los 15 días de la

experimentación, mismo que está por debajo de 7 el cual lo vuelve ácido, lo que nos indica que las plantas están generando ácidos en sus raíces.



Figura 22. pH de tratamiento (S3) a los 15 días

*Elaborado por: El autor*

### 4.3 Resultados a los 30 días

#### 4.3.1 Resultado de Cd a los 30 días de la experimentación.

En la tabla 13 se muestra el resultado obtenido de la concentración de cadmio presente en el suelo del tratamiento (DL10) a los 30 días de la experimentación.

Tabla 14. Análisis de cantidad de cadmio en el suelo a los 30 días (DL10)

Parámetro	Método analítico	Unidades	Resultado	Valores de norma	Cumple/ no cumple
Cadmio	AAA-PE-SO11/EPA 3051/7061 A	mg/kg	<0,1	0,5	Cumple

*Elaborado por: El autor*

En los resultados que se muestran en la tabla 13, los valores de 0,09 mg/kg de cadmio corresponden a los 30 días de la experimentación, mismo que disminuye del valor permisible de la norma (TULSMA) del anexo 2 capítulo 4 (criterio de toma de muestras) 4,2 (criterios de calidad de suelo y remediación) 4,2,1 (criterios de calidad) de 0,5 mg/kg, lo que nos indica que el suelo cumple ya la normativa.

En la tabla 14 se muestra el resultado obtenido de la concentración de cadmio presente en el suelo del tratamiento (DL20) a los 30 días de la experimentación.

Tabla 15. Análisis de cantidad de cadmio en el suelo a los 30 días (DL20)

Parámetro	Método analítico	Unidades	Resultado	Valores de norma	Cumple/ no cumple
Cadmio	AAA-PE-SO11/EPA 3051/7061 A	mg/kg	<0,1	0,5	Cumple

*Elaborado por: El autor*

En los resultados que se muestran en la tabla 14, los valores de 0,09 mg/kg de cadmio corresponden a los 30 días de la experimentación, mismo que disminuye del valor permisible de la norma (TULSMA) del anexo 2 capítulo 4 (criterio de toma de muestras) 4,2 (criterios de calidad de suelo y remediación) 4,2,1 (criterios de calidad) de 0,5 mg/kg, lo que nos indica que el suelo cumple ya la normativa.

En la tabla 15 se muestra el resultado obtenido de la concentración de cadmio presente en el suelo del tratamiento (S3) a los 30 días de la experimentación.

Tabla 16. Análisis de cantidad de cadmio en el suelo a los 30 días (S3)

Parámetro	Método analítico	Unidades	Resultado	Valores de norma	Cumple/ no cumple
Cadmio	AAA-PE-SO11/EPA 3051/7061 A	mg/kg	<0,1	0,5	Cumple

*Elaborado por: El autor* En los resultados que se muestran en la tabla 15, los valores de 0,09 mg/kg de cadmio corresponden a los 30 días de la experimentación, mismo que disminuye del valor permisible de la norma (TULSMA) del anexo 2 capítulo 4 (criterio de toma de muestras) 4,2 (criterios de calidad de suelo y remediación) 4,2,1 (criterios de calidad) de 0,5 mg/kg, lo que nos indica que el suelo cumple ya la normativa.

En la tabla 16 se muestra el resultado obtenido de la concentración de cadmio presente en el suelo del tratamiento (S5) a los 30 días de la experimentación.

Tabla 17. Análisis de cantidad de cadmio en el suelo a los 30 días (S5)

Parámetro	Método analítico	Unidades	Resultado	Valores de norma	Cumple/ no cumple
-----------	------------------	----------	-----------	------------------	-------------------

Cadmio	AAA-PE-SO11/EPA 3051/7061 A	mg/kg	<0,1	0,5	Cumple
--------	-----------------------------	-------	------	-----	--------

*Elaborado por: El autor*

En los resultados que se muestran en la tabla 16 los valores de 0,09 mg/kg de cadmio corresponden a los 30 días de la experimentación, mismo que disminuye del valor permisible de la norma (TULSMA) del anexo 2 capítulo 4 (criterio de toma de muestras) 4,2 (criterios de calidad de suelo y remediación) 4,2,1 (criterios de calidad) de 0,5 mg/kg, lo que nos indica que el suelo cumple ya la normativa.

#### **4.3.2 Resultado de pH a los 30 días de la experimentación.**

En la figura 23 podemos ver lo que marco el multiparametrico del tratamiento (DL20). En el resultado que se muestra el valor del pH es 6,8 el cual corresponde a los 30 días de la experimentación, mismo que está por debajo de 7 el cual lo vuelve ácido, lo que nos indica que las plantas están generando ácidos en sus raíces.



Figura 23. pH de tratamiento (DL20) a los 30 días

*Elaborado por: El autor*

En la figura 24 podemos ver lo que marco el multiparametrico del tratamiento (DL10). En el resultado que se muestra el valor del pH es 6,49 el cual corresponde a los 30 días de la experimentación, mismo que está por debajo de 7 el cual lo vuelve ácido, lo que nos indica que las plantas están generando ácidos en sus raíces.



Figura 24. pH de tratamiento (DL10) a los 30 días

*Elaborado por: Fabricio Rodríguez*

En la figura 25 podemos ver lo que marco el multiparametrico del tratamiento (S5). En el resultado que se muestra el valor del pH es 6,02 el cual corresponde a los 30 días de la experimentación, mismo que está por debajo de 7 el cual lo vuelve ácido, lo que nos indica que las plantas están generando ácidos en sus raíces.



Figura 25. pH de tratamiento (S5) a los 30 días

*Elaborado por: Fabricio Rodríguez*

En la figura 26 podemos ver lo que marco el multiparametrico del tratamiento (S3). En los resultados que se muestra el valor del pH es 6,57 el cual corresponde a los 30 días de la

experimentación, mismo que está por debajo de 7 el cual lo vuelve ácido, lo que nos indica que las plantas están generando ácidos en sus raíces.



Figura 26. pH de tratamiento (S3) a los 30 días

*Elaborado por: Fabricio Rodríguez*

#### 4.4 Resultados a los 45 días

##### 4.4.1 Resultado de Cd a los 45 días de la experimentación.

En la tabla 17 se muestra el resultado obtenido de la concentración de cadmio presente en el suelo del tratamiento (DL10) a los 45 días de la experimentación.

Tabla 18. Análisis de cantidad de cadmio en el suelo a los 45 días (DL10)

Parámetro	Método analítico	Unidades	Resultado	Valores de norma	Cumple/ no cumple
Cadmio	AAA-PE-SO11/EPA 3051/7061 A	mg/kg	0,8	0,5	No Cumple

*Elaborado por: El autor*

En los resultados que se muestran en la tabla 17 los valores de 0,8 mg/kg de cadmio corresponden a los 45 días de la experimentación, mismo que disminuye del valor permisible de la norma (TULSMA) del anexo 2 capítulo 4 (criterio de toma de muestras) 4,2 (criterios de calidad de suelo y remediación) 4,2,1 (criterios de calidad) de 0,5 mg/kg, lo que nos indica que el suelo cumple ya la normativa.

En la tabla 18 se muestra el resultado obtenido de la concentración de cadmio presente en el suelo del tratamiento (DL20) a los 45 días de la experimentación.

Tabla 19. Análisis de cantidad de cadmio en el suelo a los 45 días (DL20)

Parámetro	Método analítico	Unidades	Resultado	Valores de norma	Cumple/ no cumple
Cadmio	AAA-PE-SO11/EPA 3051/7061 A	mg/kg	<0,1	0,5	Cumple

*Elaborado por: El autor*

En los resultados que se muestran en la tabla 18 los valores de 0,09 mg/kg de cadmio corresponden a los 45 días de la experimentación, mismo que disminuye del valor permisible de la norma (TULSMA) del anexo 2 capítulo 4 (criterio de toma de muestras) 4,2 (criterios de calidad de suelo y remediación) 4,2,1 (criterios de calidad) de 0,5 mg/kg, lo que nos indica que el suelo cumple ya la normativa.

En la tabla 19 se muestra el resultado obtenido de la concentración de cadmio presente en el suelo del tratamiento (S3) a los 45 días de la experimentación.

Tabla 20. Análisis de cantidad de cadmio en el suelo a los 45 días (S3)

Parámetro	Método analítico	Unidades	Resultado	Valores de norma	Cumple/ no cumple
Cadmio	AAA-PE-SO11/EPA 3051/7061 A	mg/kg	0,4	0,5	Cumple

*Elaborado por: El autor*

En los resultados que se muestran en la tabla 19 los valores de 0,4 mg/kg de cadmio corresponden a los 45 días de la experimentación, mismo que disminuye del valor permisible de la norma (TULSMA) del anexo 2 capítulo 4 (criterio de toma de muestras) 4,2 (criterios de calidad de suelo y remediación) 4,2,1 (criterios de calidad) de 0,5 mg/kg, lo que nos indica que el suelo cumple ya la normativa.

En la tabla 20 se muestra el resultado obtenido de la concentración de cadmio presente en el suelo del tratamiento (S5) a los 45 días de la experimentación.

Tabla 21. Análisis de cantidad de cadmio en el suelo a los 45 días (S5)

Parámetro	Método analítico	Unidades	Resultado	Valores de norma	Cumple/ no cumple
Cadmio	AAA-PE-SO11/EPA 3051/7061 A	mg/kg	<0,1	0,5	Cumple

Elaborado por: El autor

En los resultados que se muestran en la tabla 20 los valores de 0,09 mg/kg de cadmio corresponden a los 45 días de la experimentación, mismo que disminuye del valor permisible de la norma (TULSMA) del anexo 2 capítulo 4 (criterio de toma de muestras) 4,2 (criterios de calidad de suelo y remediación) 4,2,1 (criterios de calidad) de 0,5 mg/kg, lo que nos indica que el suelo cumple ya la normativa.

#### 4.4.2 Resultado de pH a los 45 días de la experimentación.

En la figura 27 podemos ver lo que marco el multiparametrico del tratamiento (DL20). En el resultado que se muestra el valor del pH es 7,26 el cual corresponde a los 45 días de la experimentación, mismo que está sobre 7 el cual lo vuelve básico, lo que nos indica que el metal se está volviendo insoluble.



Figura 27. pH de tratamiento (DL20) a los 45 días

Elaborado por: El autor

En la figura 28 podemos ver lo que marco el multiparametrico del tratamiento (DL10). En el resultado que se muestra el valor del pH es 6,47 el cual corresponde a los 45 días de la

experimentación, mismo que está por debajo de 7 el cual lo vuelve ácido, lo que nos indica que las plantas están generando ácidos en sus raíces.

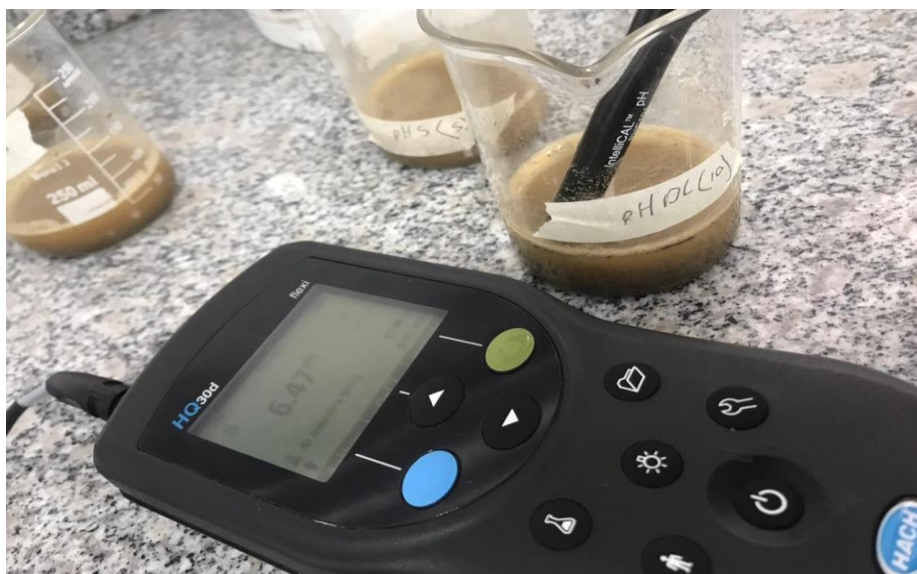


Figura 28. pH de tratamiento (DL10) a los 45 días

*Elaborado por: El autor*

En la figura 29 podemos ver lo que marco el multiparametrico del tratamiento (S5). En el resultado que se muestra el valor del pH es 6,10 el cual corresponde a los 45 días de la experimentación, mismo que está por debajo de 7 el cual lo vuelve ácido, lo que nos indica que las plantas están generando ácidos en sus raíces.



Figura 29. pH de tratamiento (S5) a los 45 días

*Elaborado por: El autor*

En la figura 30 podemos ver lo que marco el multiparametrico del tratamiento (S3). En el resultado que se muestra el valor del pH es 6,25 el cual corresponde a los 45 días de la experimentación, mismo que está por debajo de 7 el cual lo vuelve ácido, lo que nos indica que las plantas están generando ácidos en sus raíces.



Figura 30. pH de tratamiento (S3) a los 45 días

*Elaborado por: El autor*

#### 4.5 Resultados a los 60 días

##### 4.5.1 Resultado de Cd a los 60 días de la experimentación.

En la tabla 21 se muestra el resultado obtenido de la concentración de cadmio presente en el suelo del tratamiento (DL10) a los 60 días de la experimentación.

Tabla 22. Análisis de cantidad de cadmio en el suelo a los 60 días (DL10)

Parámetro	Método analítico	Unidades	Resultado	Valores de norma	Cumple/ no cumple
Cadmio	AAA-PE-SO11/EPA 3051/7061 A	mg/kg	1,6	0,5	No Cumple

*Elaborado por: El autor*

En los resultados que se muestran en la tabla 21 los valores de 1,6 mg/kg de cadmio corresponden a los 60 días de la experimentación, mismo que disminuye del valor permisible de la norma (TULSMA) del anexo 2 capítulo 4 (criterio de toma de muestras)

4,2 (criterios de calidad de suelo y remediación) 4,2,1 (criterios de calidad) de 0,5 mg/kg, lo que nos indica que el suelo deja de cumplir con la normativa.

En la tabla 22 se muestra el resultado obtenido de la concentración de cadmio presente en el suelo del tratamiento (DL20) a los 60 días de la experimentación.

Tabla 23. Análisis de cantidad de cadmio en el suelo a los 60 días (DL20)

Parámetro	Método analítico	Unidades	Resultado	Valores de norma	Cumple/ no cumple
Cadmio	AAA-PE-SO11/EPA 3051/7061 A	mg/kg	2,5	0,5	No Cumple

*Elaborado por: El autor*

En los resultados que se muestran en la tabla 22 los valores de 2,5 mg/kg de cadmio corresponden a los 60 días de la experimentación, mismo que disminuye del valor permisible de la norma (TULSMA) del anexo 2 capítulo 4 (criterio de toma de muestras) 4,2 (criterios de calidad de suelo y remediación) 4,2,1 (criterios de calidad) de 0,5 mg/kg, lo que nos indica que el suelo deja de cumplir con la normativa.

En la tabla 23 se muestra el resultado obtenido de la concentración de cadmio presente en el suelo del tratamiento (S3) a los 60 días de la experimentación.

Tabla 24. Análisis de cantidad de cadmio en el suelo a los 60 días (S3)

Parámetro	Método analítico	Unidades	Resultado	Valores de norma	Cumple/ no cumple
Cadmio	AAA-PE-SO11/EPA 3051/7061 A	mg/kg	2,2	0,5	No Cumple

*Elaborado por: El autor*

En los resultados que se muestran en la tabla 23, los valores de 2,2 mg/kg de cadmio corresponden a los 60 días de la experimentación, mismo que disminuye del valor permisible de la norma (TULSMA) del anexo 2 capítulo 4 (criterio de toma de muestras) 4,2 (criterios de calidad de suelo y remediación) 4,2,1 (criterios de calidad) de 0,5 mg/kg, lo que nos indica que el suelo deja de cumplir con la normativa.

En la tabla 24 se muestra el resultado obtenido de la concentración de cadmio presente en el suelo del tratamiento (S5) a los 60 días de la experimentación.

Tabla 25. Análisis de cantidad de cadmio en el suelo a los 60 días (S5)

Parámetro	Método analítico	Unidades	Resultado	Valores de norma	Cumple/ no cumple
Cadmio	AAA-PE-SO11/EPA 3051/7061 A	mg/kg	1,9	0,5	No Cumple

*Elaborado por: El autor*

En los resultados que se muestran en la tabla 24, los valores de 1,9 mg/kg de cadmio corresponden a los 60 días de la experimentación, mismo que disminuye del valor permisible de la norma (TULSMA) del anexo 2 capítulo 4 (criterio de toma de muestras) 4,2 (criterios de calidad de suelo y remediación) 4,2,1 (criterios de calidad) de 0,5 mg/kg, lo que nos indica que el suelo deja de cumplir con la normativa.

En la tabla 25 se muestra el resultado obtenido de la concentración de cadmio presente en el suelo del tratamiento (To) a los 60 días de la experimentación.

Tabla 26. Análisis de cantidad de cadmio en el suelo a los 60 días (To)

Parámetro	Método analítico	Unidades	Resultado	Valores de norma	Cumple/ no cumple
Cadmio	AAA-PE-SO11/EPA 3051/7061 A	mg/kg	1,8	0,5	No Cumple

*Elaborado por: El autor*

En los resultados que se muestran en la tabla 25, los valores de 1,8 mg/kg de cadmio corresponden a los 60 días de la experimentación, mismo que disminuye del valor permisible de la norma (TULSMA) del anexo 2 capítulo 4 (criterio de toma de muestras) 4,2 (criterios de calidad de suelo y remediación) 4,2,1 (criterios de calidad) de 0,5 mg/kg, lo que nos indica que el suelo deja de cumplir con la normativa.

#### **4.5.2 Resultado de pH a los 60 días de la experimentación.**

En la figura 31 podemos ver el comportamiento del pH del tratamiento (DL20). En el resultado que se muestra el valor del pH es 7,19 el cual corresponde a los 60 días de la experimentación, mismo que está sobre 7 el cual lo vuelve básico, lo que nos indica que el metal se está volviendo insoluble.



Figura 31. pH de tratamiento (DL20) a los 60 días

*Elaborado por: El autor*

En la figura 32 podemos ver el comportamiento del pH del tratamiento (DL10). En el resultado que se muestra el valor del pH es 7,37 el cual corresponde a los 60 días de la experimentación, mismo que está sobre 7 el cual lo vuelve básico, lo que nos indica que el metal se está volviendo insoluble.

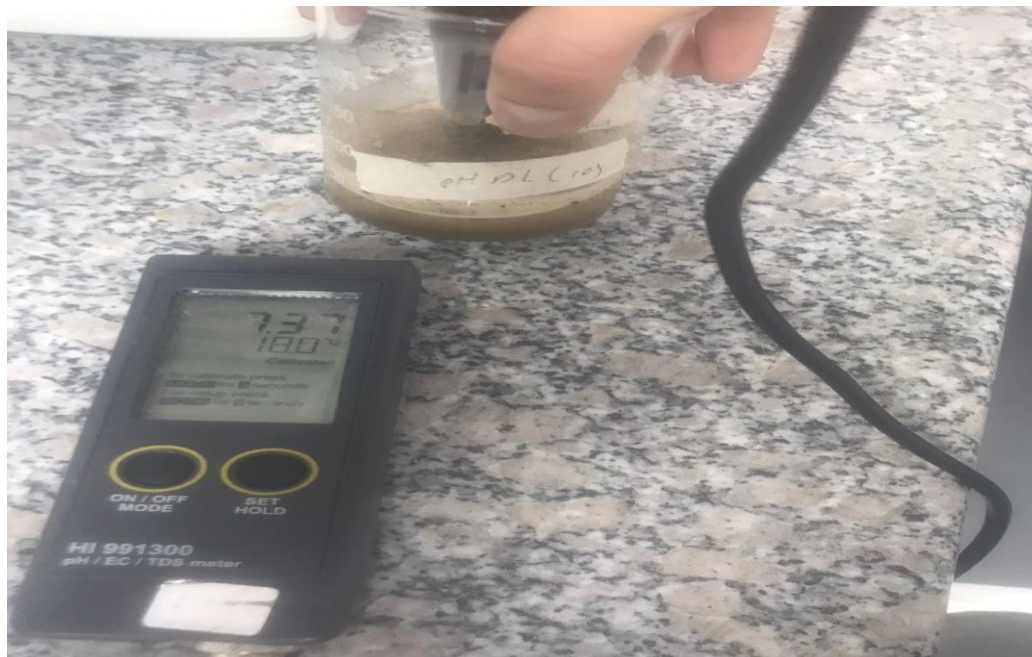


Figura 32. pH de tratamiento (DL10) a los 60 días

*Elaborado por: El autor*

En la figura 33 podemos ver el comportamiento del pH del tratamiento (S5). En el resultado que se muestra el valor del pH es 6,98 el cual corresponde a los 60 días de la experimentación, mismo que está por debajo de 7 el cual lo vuelve ácido, lo que nos indica que la planta está generando ácidos en sus raíces.



Figura 33. pH de tratamiento (S5) a los 60 días

*Elaborado por: El autor*

En la figura 34 podemos ver el comportamiento del pH del tratamiento (S3). En el resultado que se muestra el valor del pH es 6,94 el cual corresponde a los 60 días de la experimentación, mismo que está por debajo de 7 el cual lo vuelve ácido, lo que nos indica que las plantas están generando ácidos en sus raíces.



Figura 34. pH de tratamiento (S3) a los 60 días

*Elaborado por: El autor*

En la figura 35 podemos ver el comportamiento del pH del tratamiento (To). En el resultado que se muestra el valor del pH es 7,18 el cual corresponde a los 60 días de la experimentación, mismo que está sobre 7 el cual lo vuelve básico, lo que nos indica que el metal se está volviendo insoluble.



Figura 35. pH tratamiento To a los 60 días

*Elaborado por: El autor*

#### 4.6 Resultados de materia orgánica

Podemos observar en la tabla 26 el comportamiento de la materia orgánica, en todos los tratamientos To, DL10, DL20, S3, S5 la materia orgánica disminuyo por lo que se sustenta las diferentes teorías investigadas.

Tabla 27. Análisis de cantidad de materia orgánica

TRATAMIENTO	0 DIAS	60 DIAS
To	0,83 (gr)	0,76(gr)
DL10	0,83(gr)	0,54(gr)
DL20	0,83(gr)	0,5(gr)
S3	0,83(gr)	0,58(gr)
S5	0,83(gr)	0,52(gr)

*Elaborado por: El autor*

En donde: Peso el suelo + crisol = A

Peso nuevo suelo + crisol = B

Peso de crisol vacío = C

$$\text{Materia organica} = (A - C) - (B - C)$$

#### **Contenido de materia orgánica para tratamiento (To)**

$$\text{Materia organica} = (53,46 - 43,44) - (52,70 - 43,44)$$

$$\text{Materia organica} = 0,76\text{gr}$$

#### **Contenido de materia orgánica para tratamiento (DL10)**

$$\text{Materia organica} = (53,52 - 44,29) - (52,98 - 44,29)$$

$$\text{Materia organica} = 0,54\text{gr}$$

#### **Contenido de materia orgánica para tratamiento (DL20)**

$$\text{Materia organica} = (55,36 - 45,83) - (54,86 - 45,83)$$

$$\text{Materia organica} = 0,5\text{gr}$$

#### **Contenido de materia orgánica para tratamiento (S3)**

$$\text{Materia organica} = (51,07 - 40,91) - (50,49 - 40,91)$$

$$\text{Materia organica} = 0,58\text{gr}$$

#### **Contenido de materia orgánica para tratamiento (S5)**

$$\text{Materia organica} = (51,14 - 41,59) - (50,62 - 41,59)$$

$$\text{Materia organica} = 0,52\text{gr}$$

### **4.7 Análisis y resultados de cada tratamiento en todo el proceso de fitorremediación**

#### **4.7.1 Análisis de pH para todos los tratamientos.**

Para el tratamiento (To) en la figura 36 se muestra el comportamiento de los análisis uno al principio del tratamiento y otro al final, esto debido a que a este suelo no se implementó ninguna clase de tratamiento y se estudió solo el comportamiento del suelo en el mismo periodo de tiempo 60 días por lo que empezó el suelo con un pH de 6,04, al final del tratamiento su pH se elevó a 7,18.

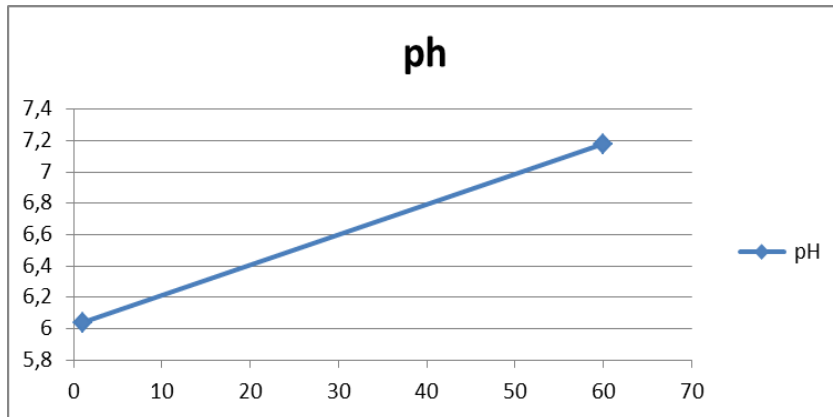


Figura 36. Análisis de pH en tratamiento (To)

*Elaborado por: El autor*

En la figura 37 se muestra el comportamiento del pH en los tratamientos fue similar, en el tratamiento (DL10) el pH fue de 6,04, 15 días después el pH se volvió relativamente ácido disminuyendo a 5,2, a los 30 días de tratamiento el pH se empezó a estabilizar llegando a un nivel de 6,49, a los 45 días el pH fue de 6,47, al final del tratamiento el pH se neutraliza a 7,37.

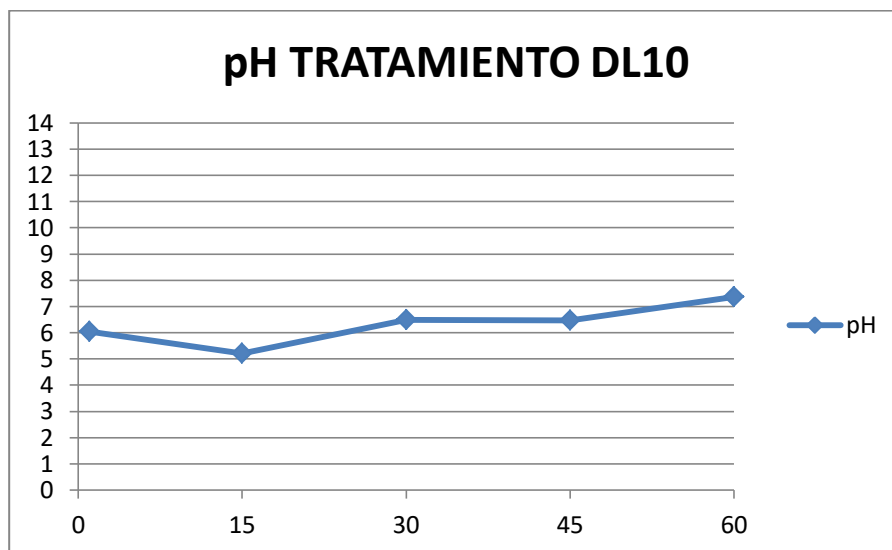


Figura 37. Análisis de pH en tratamiento (DL10)

*Elaborado por: El autor*

En la figura 38 se muestra el comportamiento del pH en el tratamiento (DL20) el pH fue de 6,04, 15 días después el pH se volvió ácido disminuyendo a 4,27, a los 30 días de tratamiento el pH se empezó a subir, llegando a un nivel de 6,8, a los 45 días el pH se estabiliza a un nivel neutral de 7,26, al final del tratamiento el pH se neutraliza a 7,19.

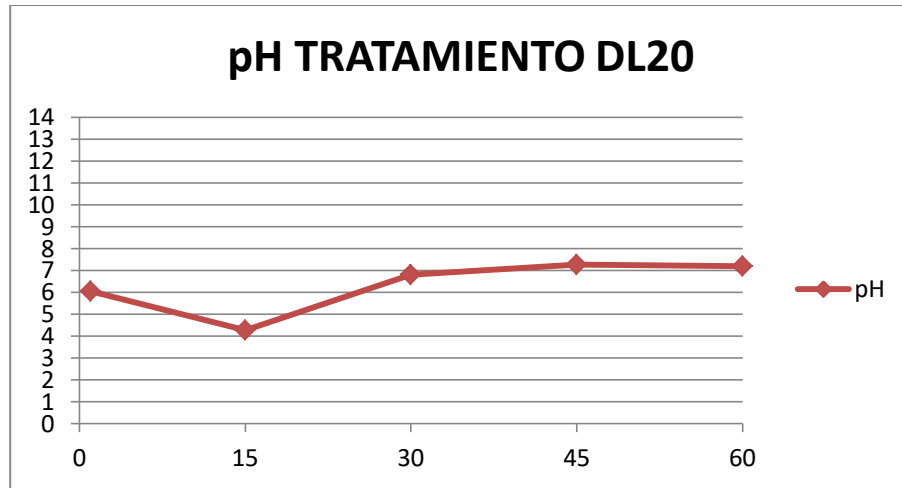


Figura 38. Análisis de pH en tratamiento (DL20)

*Elaborado por: El autor*

En la figura 39 se muestra el comportamiento del pH en el tratamiento con sábila (S3) el pH fue de 6,04, 15 días después el pH se volvió ácido disminuyendo a 5,26, a los 30 días de tratamiento el pH se empezó a subir llegando a un nivel de 6,57 a los 45 días el pH disminuyó muy poco hasta un nivel neutral de 6,25, al final del tratamiento el pH se neutraliza a 6,94.

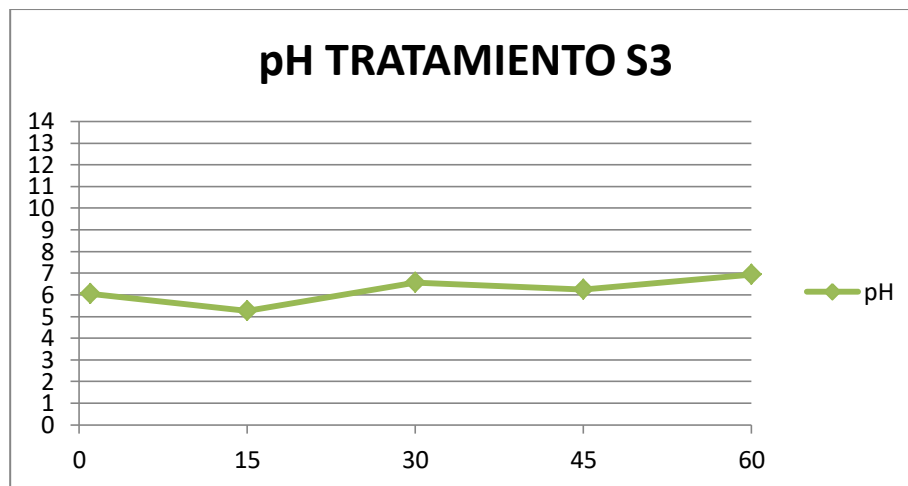


Figura 39. Análisis de pH en tratamiento (S3)

*Elaborado por: El autor*

En la figura 40 se muestra el comportamiento del pH en el tratamiento (S5) el pH fue de 6,04, 15 días después el pH disminuyó a 5,03, a los 30 días de tratamiento el pH se empezó a subir llegando a un nivel de 6,02, a los 45 días el pH subió a un nivel neutral de 6,1, al final del tratamiento el pH se neutraliza a 6,98.

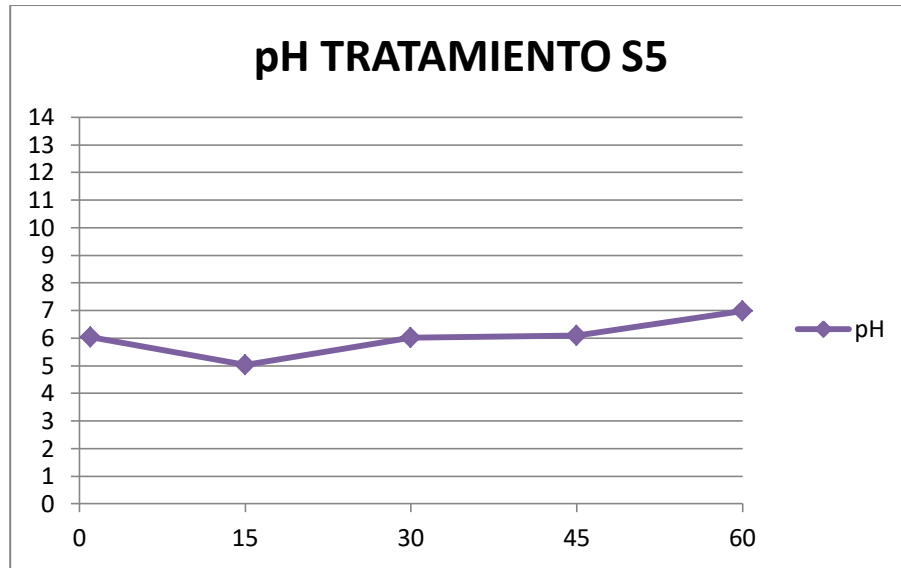


Figura 40. Análisis de pH en tratamiento (S5)

*Elaborado por: El autor*

#### 4.7.2 Análisis de Cd para todos los tratamientos.

Para el tratamiento (To) en la figura 41 se muestra el comportamiento de los análisis de cadmio al inicio y al final del tratamiento, podemos observar que el metal empezó con un nivel de 0,6 mg/kg al inicio del tratamiento, a los 60 días se elevó la concentración del metal a 1,8 mg/kg.

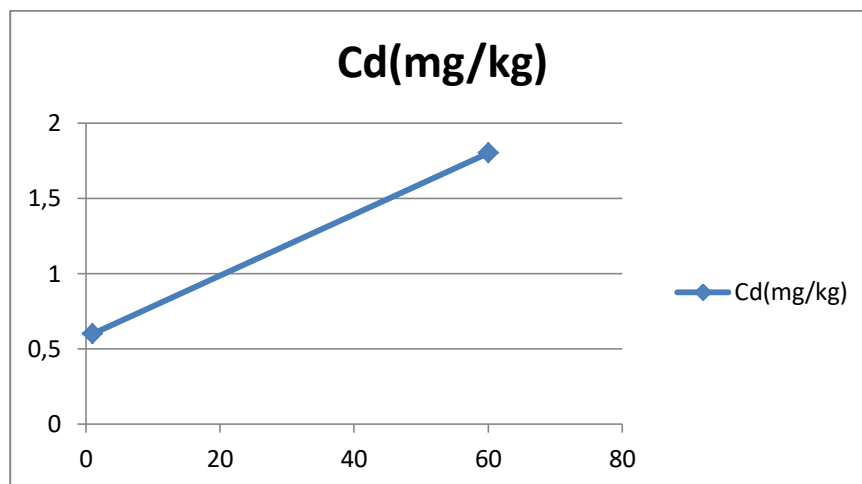


Figura 41. Análisis de Cd en tratamiento (To)

*Elaborado por: El autor*

En todos los tratamientos los niveles de cadmio empezaron con una cantidad de 0,6 mg/kg, en la figura 42 se observa el comportamiento del tratamiento (DL10) podemos observar que el nivel de cadmio disminuyó hasta los primeros 15 días de tratamiento a

una concentración de 0,3 mg/kg, a los 30 días de tratamiento disminuyó a niveles menores a 0,1 mg/kg, posteriormente a los 45 días de tratamiento los niveles subieron a 0,8 mg/kg, a los 60 desde tratamiento subió a 1,6 mg/kg.

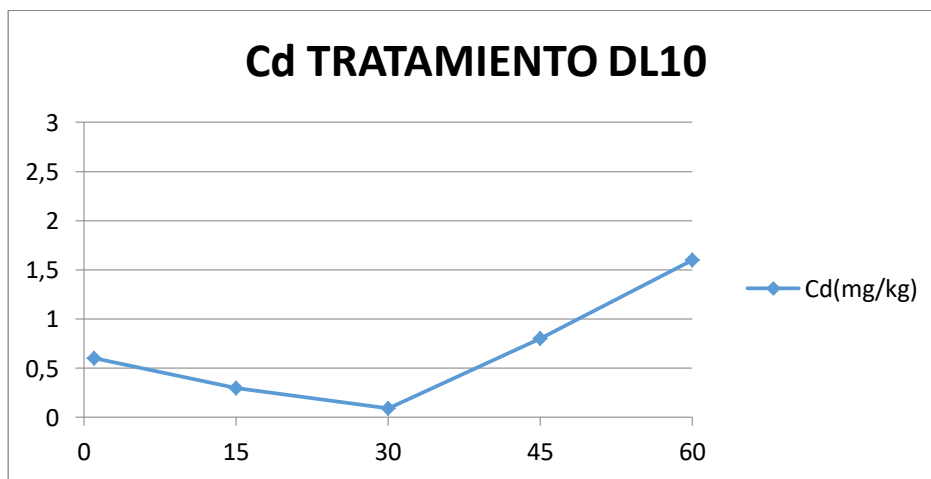


Figura 42. Análisis de Cd en tratamiento (DL10)

*Elaborado por: El autor*

En la figura 43 se observa el comportamiento del tratamiento (DL20) los niveles de cadmio fueron de 0,6 mg/kg, en los primeros 15 días de tratamiento disminuyó a una concentración de 0,3 mg/kg, de la misma forma a los 30 días de tratamiento disminuyó a niveles menores a 0,1 mg/kg, a los 45 días de tratamiento los niveles de cadmio seguían bajando casi llegando a 0 al final de tratamiento se elevaron a 2,5 mg/kg.

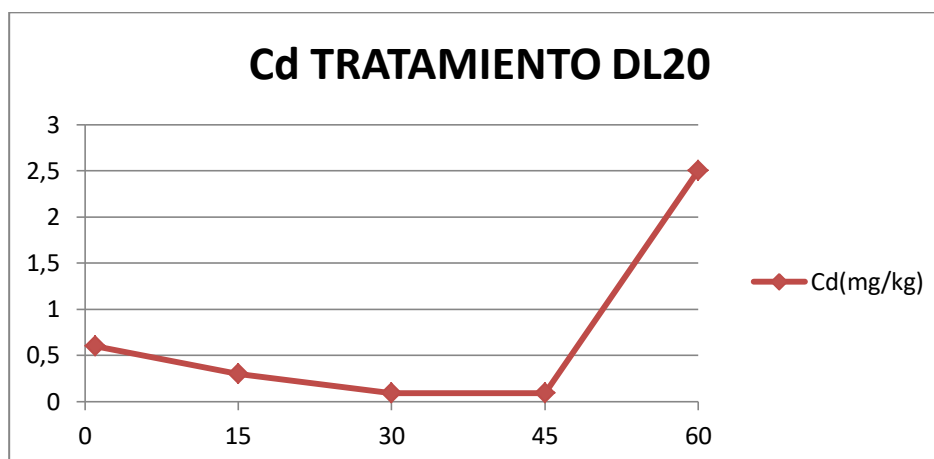


Figura 43. Análisis de Cd en tratamiento (DL20)

*Elaborado por: El autor*

En la figura 44 se observa el comportamiento del tratamiento (S3) los niveles de cadmio fueron de 0,6 mg/kg, en los primeros 15 días de tratamiento disminuyó a una

concentración de 0,3 mg/kg, de la misma forma a los 30 días de tratamiento disminuyo a niveles menores a 0,1 mg/kg, a los 45 días de tratamiento los niveles de cadmio subieron a 0,4 mg/kg, al final de tratamiento se elevaron a 2,2 mg/kg.

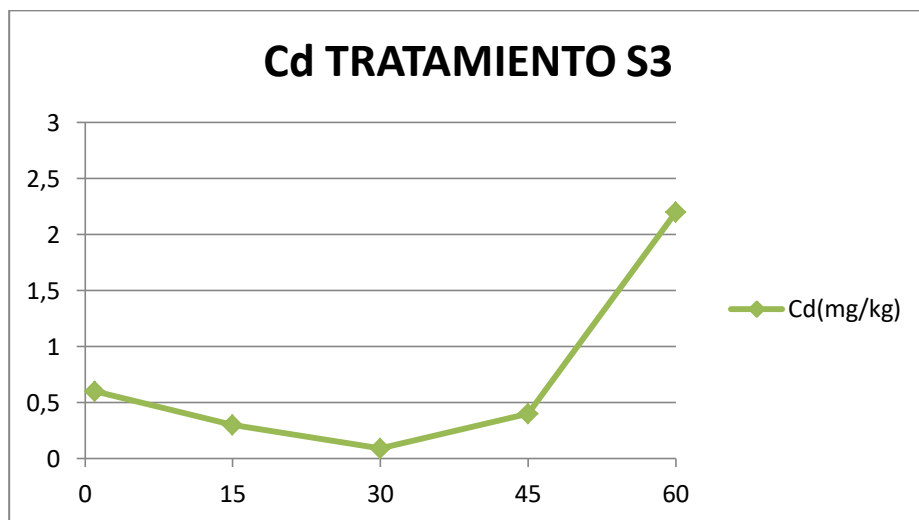


Figura 44. Análisis de Cd en tratamiento (S3)

Elaborado por: El autor

En la figura 45 se observa el comportamiento del tratamiento (S5) los niveles de cadmio fueron de 0,6 mg/kg, en los primeros 15 días de tratamiento disminuyo a una concentración de 0,3 mg/kg, de la misma forma a los 30 días de tratamiento disminuyo a niveles menores a 0,1 mg/kg, a los 45 días de tratamiento los niveles de cadmio seguían bajando casi llegando a 0 al final de tratamiento se elevaron a 1,9 mg/kg.

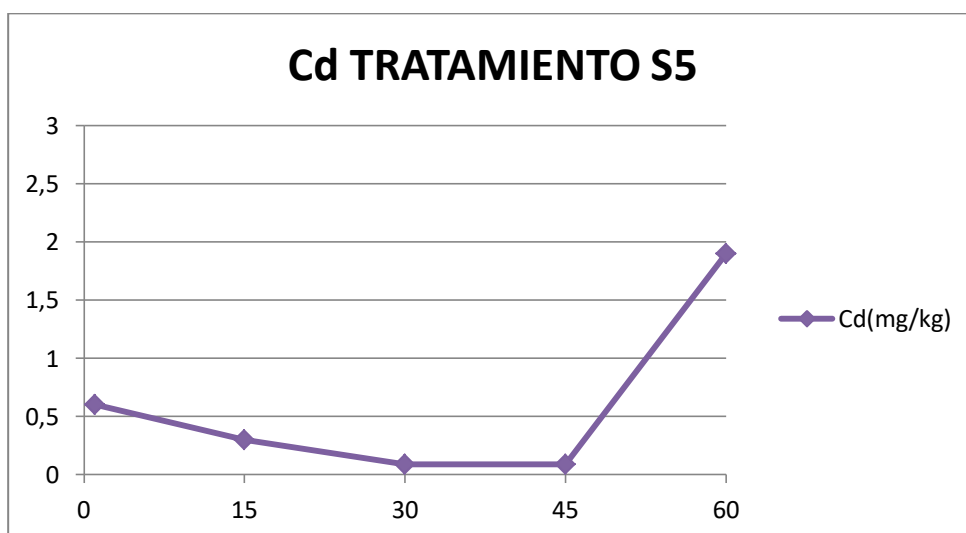


Figura 45. Análisis de Cd en tratamiento (S5)

Elaborado por: El autor

En la gráfica 46 se compara el comportamiento del pH en cada uno de los tratamientos, en el cual podemos observar que a niveles ácidos de pH se vuelve más disponible para la planta fitorremediadora.

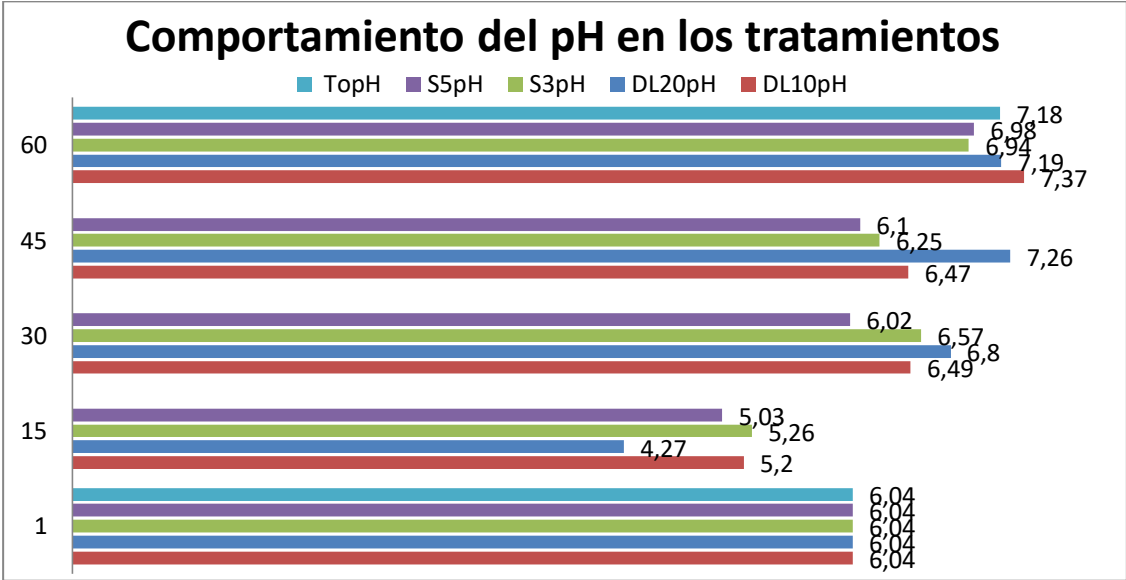


Figura 46. Discusión de pH en todos los tratamientos

Elaborado por: El autor

En la gráfica 47 se compara el comportamiento del Cd en cada uno de los tratamientos, en el cual podemos observar que en los 15 primeros días de experimentación el suelo estaría cumpliendo la normativa de calidad y uso de suelo.

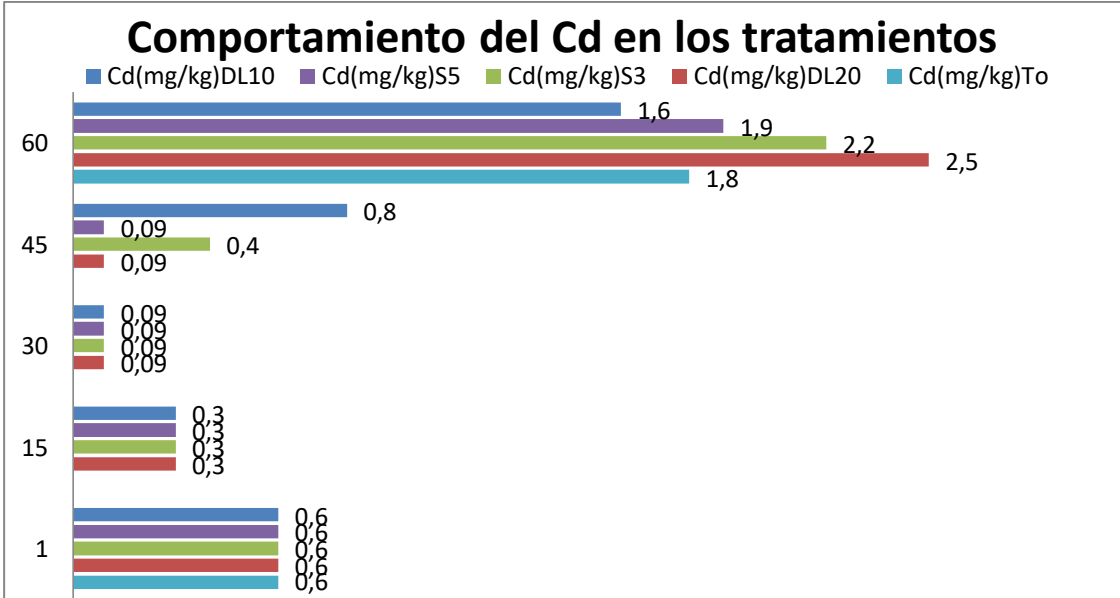


Figura 47. Comparación del Cd en todos los tratamientos

Elaborado por: El autor

#### 4.8 Discusión

En general el pH controla la disponibilidad y movilidad del Cd en el suelo y la materia orgánica tiene efectos significativos en su disponibilidad.

De acuerdo con (Eriksson, 1988) y (Pendians, 2014) la materia orgánica absorbe el Cd formando complejos organometálicos, reduciendo así su solubilidad y movilidad.

De manera general la toxicidad en el suelo aumenta al aumentar la movilidad de cadmio, es decir, la toxicidad de la planta aumenta al disminuir el pH, o cuando disminuye la materia orgánica (PNUMA., 2010).

En la figura 48 se observa la relación que existe entre el pH y los niveles de Cd a inicio y al final del tratamiento durante dos meses, en el tratamiento To en vista de que no se usaron plantas podemos argumentar la teoría de (BRAVO, 2014) que afirma que el cadmio debido a la baja afinidad por formas absorbentes repercute volviéndolo más soluble ya que la materia orgánica está disminuyendo.

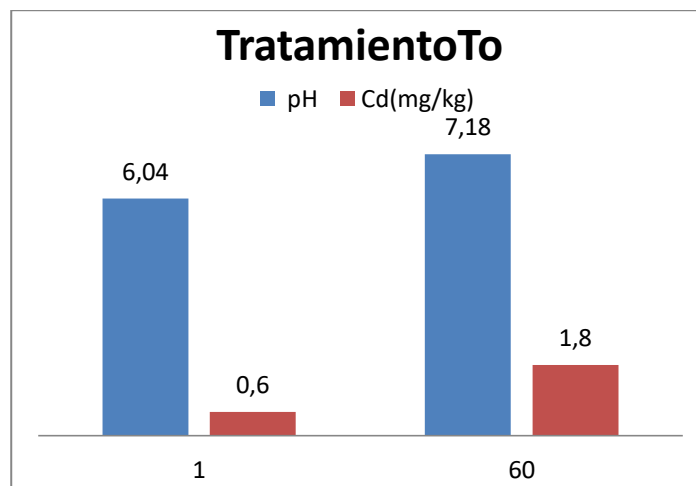


Figura 48. Dinámica del tratamiento (To)

*Elaborado por: El autor*

En la figura 49 se observa la relación que existe entre el pH y los niveles de Cd durante dos meses con análisis cada 15 días, podemos sustentar la teoría de (Rodriguez, 2017) que a pH ácidos la disponibilidad del cadmio aumenta, esto sucede ya que los ácidos fulvicos y húmicos generados por las plantas, estos presentan afinidad con el Cd. El cadmio presenta una mayor movilidad en un rango de pH de 4.5-5.5, sin embargo, el valor del pH más elevado se convierte en formas insolubles, esto quiere decir que la toxicidad de la planta aumenta, al aumentar la movilidad del cadmio es decir, aumenta al disminuir el pH, o cuando disminuye la materia orgánica.

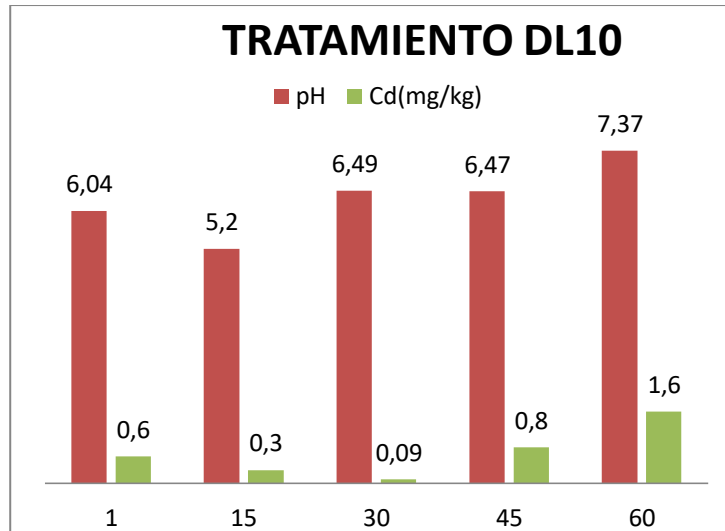


Figura 49. Dinámica del tratamiento (DL10)

*Elaborado por: El autor*

En la figura 50 se observa la relación que existe entre el pH y los niveles de Cd durante dos meses con análisis cada 15 días, podemos sustentar la teoría de (Rodriguez, 2017) que a pH ácidos la disponibilidad del cadmio aumenta, esto sucede ya que los ácidos fulvicos y húmicos generados por las plantas, estos presentan afinidad con el Cd. El cadmio presenta una mayor movilidad en un rango de pH de 4.5-5.5, sin embargo, el valor del pH más elevado se convierte en formas insolubles, esto quiere decir que la toxicidad de la planta aumenta, al aumentar la movilidad del cadmio es decir, aumenta al disminuir el pH, o cuando disminuye la materia orgánica.

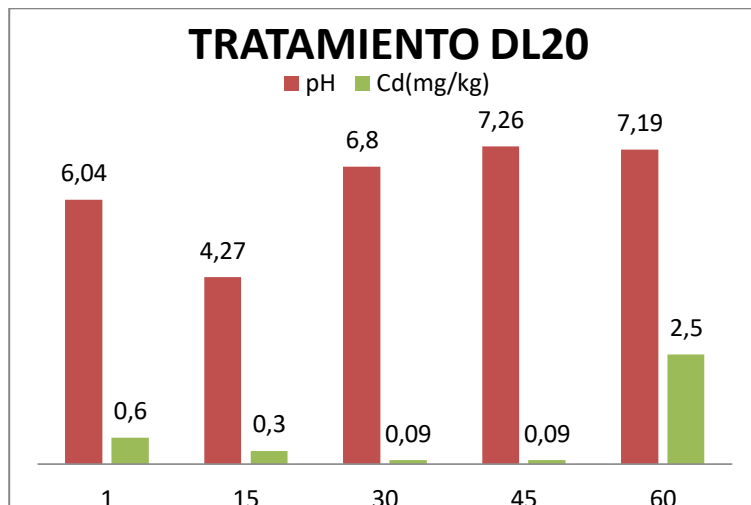


Figura 50. Dinámica del tratamiento (DL20)

*Elaborado por: El autor*

En la figura 51 se observa la relación que existe entre el pH y los niveles de Cd durante dos meses con análisis cada 15 días, podemos sustentar la teoría de (Rodríguez, 2017) que a pH ácidos la disponibilidad del cadmio aumenta, esto sucede ya que los ácidos fulvicos y húmicos generados por las plantas, estos presentan afinidad con el Cd. El cadmio presenta una mayor movilidad en un rango de pH de 4.5-5.5, sin embargo, el valor del pH más elevado se convierte en formas insolubles, esto quiere decir que la toxicidad de la planta aumenta, al aumentar la movilidad del cadmio es decir, aumenta al disminuir el pH, o cuando disminuye la materia orgánica.

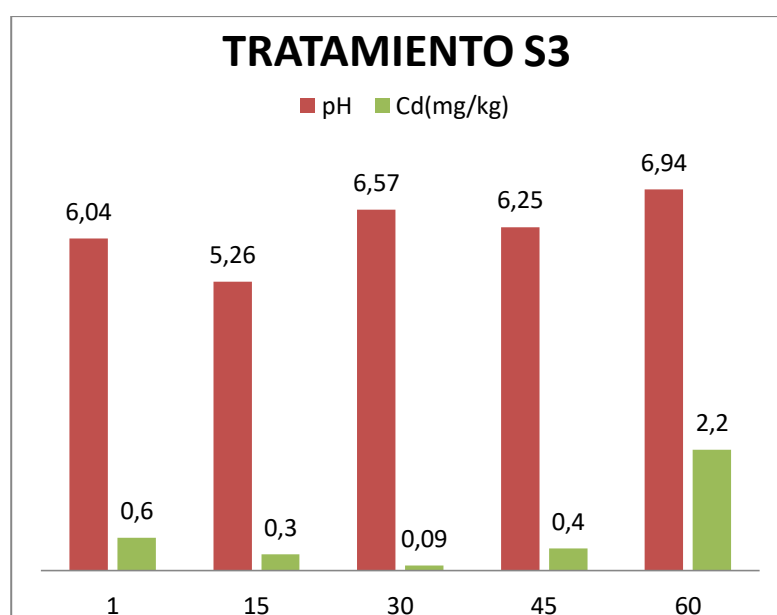


Figura 51. Dinámica del tratamiento (S3)

*Elaborado por: El autor*

En la figura 52 se observa la relación que existe entre el pH y los niveles de Cd durante dos meses con análisis cada 15 días, podemos sustentar la teoría de (Rodríguez, 2017) que a pH ácidos la disponibilidad del cadmio aumenta, esto sucede ya que los ácidos fulvicos y húmicos generados por las plantas, estos presentan afinidad con el Cd. El cadmio presenta una mayor movilidad en un rango de pH de 4.5-5.5, sin embargo, el valor del pH más elevado se convierte en formas insolubles, esto quiere decir que la toxicidad de la planta aumenta, al aumentar la movilidad del cadmio es decir, aumenta al disminuir el pH, o cuando disminuye la materia orgánica.

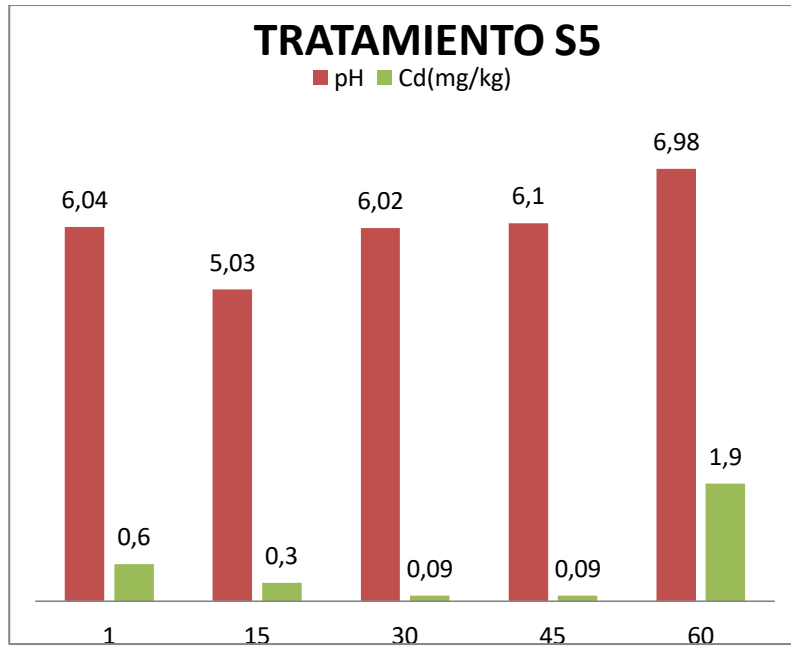


Figura 52. Dinámica del tratamiento (S5)

*Elaborado por: El autor*

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES

El proyecto experimental fue un proceso de fotorremediación, se realizó *ex situ* en la ciudad de Cuenca, la humedad del suelo fue de un 16,8% volviéndolo un suelo seco, suelto y granulado que se escurre entre los dedos que forma barro al mojarse, según el análisis granulométrico podemos llegar a concluir que el suelo tratado es un suelo limoso la cual fue recolectada en los alrededores de la bodega de material fitosanitario.

Según se muestra en la experimentación se ve que la concentración de cadmio varía de acuerdo a la concentración de materia orgánica, también cuando baja la materia orgánica libera el contaminante aumentando la concentración en el suelo, aumenta la materia orgánica disminuye la concentración de cadmio en el suelo, eso provoca que al inicio de la experimentación comencemos con una cantidad de 0,6 mg/kg de cadmio y el efecto de las plantas se nota en los primeros 15 días que absorbe el cadmio, luego de los 30 días en el tratamiento DL10 Y S3 y 45 días en los tratamientos DL20 y S5 la materia orgánica disminuye aumentando la concentración de cadmio en todos los tratamientos incluidos en el tratamiento To.

La mayor concentración de cadmio absorbida fue por la especie *Aloe vera* (S5) fue de 0,09 mg/kg mientras que para la especie *Taraxacum officinale* (DL20) fue también fue de 0,09 mg/kg. A los 45 días de experimentación las plantas expulsaron al suelo nuevamente el metal en donde *Taraxacum officinale* (DL20) tuvo una concentración de 2,5 mg/kg y *Aloe vera* (S5) 1,9 mg/kg.

Este incremento se da debido a que las plantas producen ácidos fúlvicos y húmicos estos presentan afinidad con el Cd, el cadmio presenta una mayor disponibilidad para la planta cuando el pH del suelo está en un rango de 4.5-5.5, sin embargo los valores de pH más elevados se convierte en formas insolubles.

Para la especies *Taraxacum officinale* y *Aloe vera* los efectos del contaminante fueron muy tóxicos para este tipo de planta presentándose marchitamiento y muerte de la mayoría de los especímenes utilizados. En la especie *Aloe vera* su tolerancia al tóxico fue mayor ya que no se evidenció un proceso severo de marchitamiento pero muerte de individuos en ninguna de las concentraciones ensayadas. Para concluir el proceso de

fitorremediación fue un éxito, se llegó a disminuir casi en su totalidad los niveles de cadmio que existían en el suelo.

En los dos meses de experimentación realizado por la acción de materia orgánica no se pudo concluir exactamente que las plantas sean las causantes de la disminución de la concentración de cadmio por lo cual se debe hacer esta experiencia con más tiempo.

## 6. RECOMENDACIONES

- Sería recomendable realizar la prueba de la especie *Taraxacum officinale* y *Aloe vera* con un periodo de tiempo más prolongado, para poder saber el desarrollo máximo de la planta en condiciones de suelos con fertilizantes y poder comprender los tiempos de acides de las plantas en vista de que en discusiones se habla que a pH ácidos el metal se encuentra disponible y a pH básicos el metal se estabiliza y así comprender las etapas de absorción y expulsión del metal a tratar.
- Se recomienda realizar la parte experimental con la adición de enmiendas orgánicas esto para que que incrementen la biodisponibilidad del metal para determinar la máxima cantidad de metal tolerable por esta especie a estudiar.
- Se recomienda realizar investigaciones en el proceso del desarrollo de la planta en las mismas condiciones de suelo, estas pueden ser : el tamaño de raíz color de hojas , tamaño de hojas , tamaño de planta.
- Se recomienda hacer investigaciones al metal a estudiar para la cual se deben analizar la capacidad que tienen el contaminantes para estar disponibles o no, por el efecto de la materia orgánica y del pH ya que estos pueden ocasionar alteraciones del metal en el suelo .



## 7. Bibliografía

- Amjad, M. (2017). *Soil contamination with cadmium, consequences and remediation using organic amendments. Science of the Total Environment.* Pakistan.
- Bautista, F. (2012). *Introducción a la contaminación de suelos por metales pesados.* Yucatan.
- BRAVO, I. A. (2014). *Efecto de la calidad de la materia orgánica asociada con el uso y manejo de suelos en la retención de cadmio, en sistemas altoandinos de Colombia.* Bogota.
- Chapman, H. (2015). *Metodos de analisis de suelos plantas y aguas.* Mexico DF.
- Cueva, E. (2019). *Fractination of copper and cadmiun and their binding whith soild organic metter in a contaminated soil amended whith organic materials.* Lima.
- Cueva, M. E. (2019). *FITORREMEDIACIÓN CON Taraxacum officinale ASISTIDA CON MICORRIZAS PARA LA REMOCIÓN DE CADMIO EN SUELOS CONTAMINADOS.* Mexico DF.
- Dias, F. (2008). *FFitocorrección de Suelos Contaminados con Metales Pesados: Evaluación de Plantas Tolerantes y Optimización del Proceso Mediante Prácticas Agronómicas.* Santiago de Compostela.
- Eriksson, J. (1988). *The effect of clay, organic matter and time on adsorption and plant uptake of Cd added to the soil. Water Air Soil Pollut.* Oregon.
- Escobar, A. C. (2018). *manejo integral de plaguicidas para el control en zonas agrarias.* Cali.
- FAO. (2002). *Los Fertilizantes y su Uso.* Roma.
- Gomez, L. (2015). *Cadmio: Efectos sobre la salud. Respuesta celular y molecular.* Iztapalapa.
- Gonzalez, R. (2017). *Definiciones y Problemática en la Investigación Científica en Aspecto de Fitorremediación de Suelos.* D.F Mexico.
- Guarderas, D. P. (2019). *Recuperacion de suelos contaminados con agroquimicos en el cultivo de palma utilizando humatos y zeolitas naturales.* Quito.
- Hernan, R. (2016). *RECUPERACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON METALES UTILIZANDO ESPECIES VEGETALES-FITOREMEDIACIÓN.* Quito.
- Idalgo, G. (2013). *Contaminacion del suelo.* Granada.
- INTAGRI. (2017). *Evolución de Plaguicidas en el Suelo.* México DF.
- Jimenes, H. (2009). *An Overview of the Phytiremediation of Lead and Mercury.*
- Katherine, M. R. (2017). *Acumulacion de metales pesados en suelo agricola en el sector la mora recinto santa cruz .* Quevedo.
- Manoj, S. R. (2020). *Understanding the molecular mechanisms for the enhanced phytoremediation of heavy metals through plant growth promoting rhizobacteria.* MICHIGAN.
- Martínez, I. (2016). *Changes in the heavy metal solubility of two contaminated soils after heavy metals phytoextraction with Noccaea caerulescens.* Murcia.
- MINISTERIO DE COMERCIO EXTERIOR. (2017). *INFORME SECTOR BANANERO ECUAROTIANO.*
- Montaberry, A. (2016). *Fitorremediacion.* Buenos Aires.
- Orellana, J. (2014). *Contaminacion del suelo,agua y atmosfera.* Rosario.

- Ortiz, I. (2017). *Técnicas de tratamiento de suelos contaminados*. Madrid.
- Pendians, K. (2014). *Trace elements in soil and plants*. CRC press, Boca raton. Mirusi.
- Pérez, A. (2012). *Formacion de complejos EDTA Yquelantes* . Manizales.
- Perez, M. E. (2019). *"Fitorremediacion con Taraxacum officinale asistida con micorrizas para la eliminacion de cadmio"*. Lima.
- PNUMA. (2010). *Análisis del flujo del comercio y revisión de prácticas de manejo ambientalmente racionales de productos conteniendo cadmio, plomo y mercurio en América Latina y el Caribe*. Lima.
- Rodriguez. (2017). *Dinámica del cadmio en suelos con niveles altos del elemento, en zonas productoras de cacao*. Bogota.
- Roger, k. (2017). *Fitorremediación de suelos mediante la absorción de Pb al aplicar Sábila (Aloe vera)*. Lima.
- Velasco, J. (2012). *Técnicas de recuperacion de suelos contaminados* . Mexico D.F.
- Vibrans, H. (2009). *Malezas de México: Taraxacum Officinale*. Mexico DF.

## 8. Anexos.

### Anexo 1. Análisis de cantidad de Cd al inicio de la experimentación

 <b>Servicio de Acreditación Ecuatoriano</b> Acreditación N° SAE LEN 13-006 LABORATORIO DE ENSAYOS	<b>ANÁLITICA AVANZADA - ASESORÍA Y LABORATORIOS</b> <b>ANAVANLAB CIA. LTDA.</b> Matriz: La Primavera I, Leonardo Da Vinci 56-236 y Alberto Durero, Cumbayá. Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aanlab.com.ec	 <b>ANAVANLAB</b> Muestra AAALab No: 27330 Página 1 de 1					
<b>INFORME DE RESULTADOS N° 27330</b>							
<b>1.- DATOS GENERALES</b>							
CLIENTE:	RODRIGUEZ PINOS EDISON FABRICIO	TELÉFONO:	097913237				
DIRECCIÓN:	CAÑARIBAMBA / PASEO DE LOS CAÑARIS S/N Y HERNANDO LEOPULLA	ATENCIÓN A:	EDISON RODRIGUEZ				
<b>2. INFORMACION DE LA MUESTRA</b>	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA: BANANERA				
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 19/08/2021				
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	MUESTRA SUELO		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA: CLIENTE				
FECHA DE RECEPCIÓN MUESTRA:	20/08/2021		PERÍODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS: 20/08/2021 al 27/08/2021				
<b>Norma de Comparación: TULSMA, AM097, ANEXO 2, TABLA 1. CRITERIOS DE CALIDAD DEL SUELO</b>							
<b>3. RESULTADOS:</b>							
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES DE NORMA	* CUMPLIMIENTO	** INCERTIDUMBRE + % U
1	Cadmio	AAA-PE-S011/ EPA 3051/7061 A	mg/kg	0,6	0,5	NO CUMPLE	15,9
<b>NOTAS:</b>							
<b>AA (Acreditaciones):</b>		* Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE		** Los valores de incertidumbre se expresan en porcentaje y se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%			
1. Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Matriz Quito							
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación SAE.							
2. Ensayos subcontratados. En el apartado de observaciones se indica el laboratorio subcontratado. ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.							
3. Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Sucursal Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca							
El presente informe sólo afecta a la muestra analizada. Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-003 / AAA-PI-5001							
Si el cliente suministró la muestra, los resultados aplican a la muestra como se recibió.							
<b>4. OBSERVACIONES</b>					<b>INFORME APROBADO Y AUTORIZADO POR:</b> Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 27 de agosto de 2021		
					Digitally signed by ANA ALEJANDRA HIDALGO ALVAREZ Date: 2021.08.27 20:47:45 +02'00' Reason: Aprobado Location: -		

Anexo 2. Análisis de cantidad de Cd a los 15 días

Cd Sábila (3)



ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS  
ANAVANLAB CIA. LTDA.

Matriz: La Primavera 1, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbaya.  
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aaalab.com.ec

Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca



ANAVANLAB

Orden No. 35182-35184  
Muestra AAALab No. 35182  
Página 1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 35182

1.- DATOS GENERALES


CLIENTE:	RODRIGUEZ PINOS EDISON FABRICIO	TELEFONO:	0979313237
DIRECCION:	CUENCA / CAÑARIBAMBA / PASEO DE LOS CAÑARIS S/N Y HERNANDO LEOPULLA	ATENCION A:	EDISON RODRIGUEZ

2.-INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	BANANERA
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	18/11/2021
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	MUESTRA SUELO 3		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	19/10/2021		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	04/11/2021 al 04/11/2021

3.-RESULTADOS							
NORMA: AM097A, ANEXO 2, TABLA 1, CRITERIOS DE CALIDAD DEL SUELO							
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES NORMA	CUMPLIMIENTO*	+/- % U**
1	Cadmio	AAA-PE-S011/ EPA 3051/7061 A	mg/kg	0,3	0,5	CUMPLE	15,9%

AA (Acreditaciones):		NOTAS
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Matriz Quito.	2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.	*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Sucursal Coca.	4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.	**INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%.
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.	ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.	Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001

El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.  
Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.

4.-OBSERVACIONES	<p>INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR: Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 05/11/2021</p> 
------------------	--

CS Escaneado con CamScanner

**INFORME DE RESULTADOS No. 35101**

**1.- DATOS GENERALES**

CLIENTE:	RODRIGUEZ PINOS EDISON FABRICIO	TELEFONO:	0979313237
DIRECCION:	CUENCA / CAÑARIBAMBA / PASEO DE LOS CAÑARIS S/N Y HERNANDO LEOPULLA	ATENCION A:	EDISON RODRIGUEZ

<b>2.- INFORMACION DE LA MUESTRA</b>	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	BANANERA
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	18/10/2021
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	MUESTRA SUELO		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	19/10/2021		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	03/11/2021 al 03/11/2021

**NORMA: AM097A, ANEXO 2, TABLA 1. CRITERIOS DE CALIDAD DEL SUELO**

**3.- RESULTADOS**



AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES NORMA	CUMPLIMIENTO*	+/- % U**
1	Cadmio	AAA-PE-S011/ EPA 3051/7061 A	mg/kg	0,3	0,5	CUMPLE	15,9%

AA (Acreditaciones):	NOTAS
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Matriz Quito.	2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones. *Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Sucursal Coca.	4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones. **INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%.
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.	ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados. Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001

El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.

Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.

**4.- OBSERVACIONES**

 <p>Escaneado con CamScanner</p>	<p><b>INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR:</b> Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA.</p>	
	<p>Quito, 04/11/2021</p>	

**INFORME DE RESULTADOS No. 35184**

**1.- DATOS GENERALES**

CLIENTE:	RODRIGUEZ PINOS EDISON FABRICIO	TELEFONO:	0979313237	
DIRECCION:	CUENCA / CAÑARIBAMBA / PASEO DE LOS CAÑARIS S/N Y HERNANDO LEOPULLA	ATENCION A:	EDISON RODRIGUEZ	
<b>2.- INFORMACION DE LA MUESTRA</b>	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	BANANERA
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	18/10/2021
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	MUESTRA SUELO 10		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	19/10/2021		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	04/11/2021 al 04/11/2021

**NORMA: AM097A, ANEXO 2, TABLA 1. CRITERIOS DE CALIDAD DEL SUELO**

**3.- RESULTADOS**

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES NORMA	CUMPLIMIENTO*	+/- % U**
1	Cadmio	AAA-PE-S011/ EPA 3051/7061 A	mg/kg	0,3	0,5	CUMPLE	15,9%

AA (Acreditaciones):	NOTAS
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Matriz Quito.	2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones. *Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Sucursal Coca.	4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones. **INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%.
(* Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.	ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados. Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001

El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.

Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.

**4.- OBSERVACIONES**

 <p>Escaneado con CamScanner</p>	<p><b>INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR:</b> Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 05/11/2021</p>	
---	---	---

INFORME DE RESULTADOS No. 35183

1.- DATOS GENERALES

CLIENTE:	RODRIGUEZ PINOS EDISON FABRICIO	TELEFONO:	0979313237
DIRECCION:	CUENCA / CAÑARIBAMBA / PASEO DE LOS CAÑARIS S/N Y HERNANDO LEOPULLA	ATENCION A:	EDISON RODRIGUEZ

2.-INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	BANANERA
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	18/10/2021
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	MUESTRA SUELO 20		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	19/10/2021		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	04/11/2021 al 04/11/2021

NORMA: AM097A, ANEXO 2, TABLA 1. CRITERIOS DE CALIDAD DEL SUELO

3.-RESULTADOS



AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES NORMA	CUMPLIMIENTO*	+/- % U**
1	Cadmio	AAA-PE-S011/ EPA 3051/7061 A	mg/kg	0,3	0,5	CUMPLE	15,9%

AA (Acreditaciones):		NOTAS
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Matriz Quito.	2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.	*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Sucursal Coca.	4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.	**INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%.
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.	ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.	Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001

El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.

Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.

4.-OBSERVACIONES

 Escaneado con CamScanner	<b>INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR:</b> Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 05/11/2021	

Anexo 3. Análisis de cantidad de Cd a los 30 días

Cd Sábila (3)



**ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS  
ANAVANLAB CIA. LTDA.**

Matriz: La Primavera 1, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbaya.  
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aanalab.com.ec

Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca



**INFORME DE RESULTADOS No. 35196**

**1.- DATOS GENERALES**

CLIENTE:	RODRIGUEZ PINOS EDISON FABRICIO	TELEFONO:	0979313237
DIRECCION:	CUENCA / CAÑARIBAMBA / PASEO DE LOS CAÑARIS S/N Y HERNANDO LEOPULLA	ATENCION A:	EDISON RODRIGUEZ

<b>2.- INFORMACION DE LA MUESTRA</b>	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	BANANERA
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	07/11/2021
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	S3 MUESTRA 3		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	08/11/2021		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	19/11/2021 al 19/11/2021

**NORMA: AM097A, ANEXO 2, TABLA 1. CRITERIOS DE CALIDAD DEL SUELO**

**3.- RESULTADOS**

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES NORMA	CUMPLIMIENTO*	+/- % U**
1	Cadmio	AAA-PE-S011/ EPA 3051/7061 A	mg/kg	< 0,1	0,5	CUMPLE	15,9%

AA (Acreditaciones):	NOTAS
Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Matriz Quito.	2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones. *Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.
Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Sucursal Coca.	4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones. **INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%.
Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.	ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados. Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001

Este informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.

Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.

**4.- OBSERVACIONES**



**INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR:**  
Lcda. Alejandra Hidalgo  
Gerente Técnica  
ANAVANLAB CIA. LTDA.

Quito, 22/11/2021



Acreditación N° SAE LEN 13-006  
LABORATORIO DE ENSAYOS

ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS  
ANAVANLAB CIA. LTDA.

Matriz: La Primavera I, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbaya.  
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aaalab.com.ec

Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca



ANAVANLAB

Orden No. 35194-35197  
Muestra AAALab No. 35195  
Página 1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 35195

1.- DATOS GENERALES

CLIENTE:	RODRIGUEZ PINOS EDISON FABRICIO	TELEFONO:	0979313237
DIRECCION:	CUENCA / CAÑARIBAMBA / PASEO DE LOS CAÑARIS S/N Y HERNANDO LEOPULLA	ATENCION A:	EDISON RODRIGUEZ

2.-INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	BANANERA
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	07/11/2021
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	SS MUESTRA 2		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	08/11/2021		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	19/11/2021 al 19/11/2021

NORMA: AM097A, ANEXO 2, TABLA 1, CRITERIOS DE CALIDAD DEL SUELO

3.-RESULTADOS

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES NORMA	CUMPLIMIENTO*	+/- % U**
1	Cadmio	AAA-PE-S011/ EPA 3051/7061 A	mg/kg	< 0,1	0,5	CUMPLE	15,9%

AA (Acreditaciones):	NOTAS
Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Matriz Quito.	2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones. *Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.
Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Sucursal Coca.	4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones. **INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%.
Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.	ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados. Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001

Este informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.

Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra no aplica.

OBSERVACIONES

INFORME REVISADO  
Y AUTORIZADO POR:  
Lcda. Alejandra Hidalgo  
Gerente Técnica  
ANAVANLAB CIA. LTDA.  
Quito, 22/11/2021



ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS  
ANAVANLAB CIA. LTDA.

Matriz: La Primavera I, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbaya.  
Contactos: 3550852 / 5148303 / servicioalcliente@aaalab.com.ec

Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca



ANAVANLAB

Orden No. 35194-35197  
Muestra AAALab No. 35194  
Página 1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 35194

1.- DATOS GENERALES

CLIENTE:	RODRIGUEZ PINOS EDISON FABRICIO	TELEFONO:	0979313237
DIRECCION:	CUENCA / CAÑARIBAMBA / PASEO DE LOS CAÑARIS S/N Y HERNANDO LEOPULLA	ATENCION A:	EDISON RODRIGUEZ

2.-INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	BANANERA
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	07/11/2021
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	DL (10) MUESTRA 1		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	08/11/2021		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	19/11/2021 al 19/11/2021

NORMA: AM097A, ANEXO 2, TABLA 1, CRITERIOS DE CALIDAD DEL SUELO

3.-RESULTADOS

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES NORMA	CUMPLIMIENTO*	+/- % U**
1	Cadmio	AAA-PE-S011/ EPA 3051/7061 A	mg/kg	< 0,1	0,5	CUMPLE	15,9%

AA (Acreditaciones):	NOTAS
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Matriz Quito.	2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones. *Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Sucursal Coca.	4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones. **INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%.
(*Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.	ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados. Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001

El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.

Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.

4.-OBSERVACIONES

Escaneado con CamScanner	<b>INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR:</b> Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA.	
	Quito, 22/11/2021	



ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS  
ANAVANLAB CIA. LTDA.

Matriz: La Primavera I, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbaya.  
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aanalab.com.ec

Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca



INFORME DE RESULTADOS No. 35197

1.- DATOS GENERALES

CLIENTE:	RODRIGUEZ PINOS EDISON FABRICIO	TELEFONO:	0979313237
DIRECCION:	CUENCA / CAÑARIBAMBA / PASEO DE LOS CAÑARIS S/N Y HERNANDO LEOPULLA	ATENCION A:	EDISON RODRIGUEZ


2.- INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	BANANERA
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	07/11/2021
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	DL (20) MUESTRA 4		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	08/11/2021		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	19/11/2021 al 19/11/2021

NORMA: AM097A, ANEXO 2, TABLA 1, CRITERIOS DE CALIDAD DEL SUELO							
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES NORMA	CUMPLIMIENTO*	+/- % U**
1	Cadmio	AAA-PE-S011/ EPA 3051/7061 A	mg/kg	< 0,1	0,5	CUMPLE	15,9%

AA (Acreditaciones):		NOTAS
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Matriz Quito.	2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.	*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Sucursal Coca.	4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.	**INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%.
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.	ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.	Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001

El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.

Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.

4.- OBSERVACIONES	<p>INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR: Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA.</p> <p>Quito, 22/11/2021</p> 
-------------------	---



Escaneado con CamScanner

Anexo 4. Análisis de cantidad de Cd a los 45 días

Cd Sábila (3)



**ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS  
ANAVANLAB CIA. LTDA.**

Matriz: La Primavera I, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbaya.  
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aaalab.com.ec

Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca



**ANAVANLAB**

Orden No. 35306-3  
Muestra AAALab No. 3  
Página 1

**INFORME DE RESULTADOS No. 35309**

1.- DATOS GENERALES				
CLIENTE:	RODRIGUEZ PINOS EDISON FABRICIO		TELEFONO:	0979313237
DIRECCION:	CUENCA / CAÑARIBAMBA / PASEO DE LOS CAÑARIS S/N Y HERNANDO LEOPULLA		ATENCION A:	EDISON RODRIGUEZ
2.- INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	BANANERA
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	18/11/2021
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	S ( 3 ) MUESTRA 4		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	19/11/2021		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	25/11/2021 al 25/11/2021

**3.- RESULTADOS** NORMA: AM097A, ANEXO 2, TABLA 1. CRITERIOS DE CALIDAD DEL SUELO




AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES NORMA	CUMPLIMIENTO*	+/- % I
1	Cadmio	AAA-PE-S011 / EPA 3051/7061 A	mg/kg	0,4	0,5	CUMPLE	15,99




AA (Acreditaciones):		NOTAS
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Matriz Quito.	2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.	*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Sucursal Coca.	4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.	**INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con $k=1$ nivel de confianza 95,45%.
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.		Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001

El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.

Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.

4.- OBSERVACIONES	INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR:
	Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA.
	 Quito, 26/11/2021

 <p>SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO Acreditación N° SAE LEN 13-006 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>		<p><b>ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS ANAVANLAB CIA. LTDA.</b></p> <p>Matriz: La Primavera 1, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbaya. Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aanalah.com.ec</p> <p>Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca</p>		 <p><b>ANAVANLAB</b> Orden No. 35306-35309 Muestra AAALab No. 35307 Página 1 de 1</p>			
<b>INFORME DE RESULTADOS No. 35307</b>							
<b>1.- DATOS GENERALES</b>							
CLIENTE:	RODRIGUEZ PINOS EDISON FABRICIO			TELEFONO:	0979313237		
DIRECCION:	CUENCA / CAÑARIBAMBA / PASEO DE LOS CAÑARIS S/N Y HERNANDO LEOPULLA			ATENCION A:	EDISON RODRIGUEZ		
<b>2.- INFORMACION DE LA MUESTRA</b>		INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	BANANERA		
TIPO DE MUESTRA:	SUELO			FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	18/11/2021		
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	S ( 5 ) MUESTRA 2			RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE		
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	19/11/2021			PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	25/11/2021 al 25/11/2021		
<b>3.- RESULTADOS</b>							
NORMA: AM097A, ANEXO 2, TABLA 1. CRITERIOS DE CALIDAD DEL SUELO							
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES NORMA	CUMPLIMIENTO*	+/- % U**
1	Cadmio	AAA-PE-S011/ EPA 3051/7061 A	mg/kg	< 0,1	0,5	CUMPLE	15,9%
<b>AA (Acreditaciones):</b>					<b>NOTAS</b>		
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Matriz Quito.		2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.		*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.			
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Sucursal Coca.		4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.		**INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%.			
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.		ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.		Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001			
El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.							
Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.							
<b>4.- OBSERVACIONES</b>				<b>INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR:</b> Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA.  Quito, 26/11/2021			

 <b>SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO</b> Acreditación N° SAE LEN 13-006 LABORATORIO DE ENSAYOS		<b>ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS ANAVANLAB CIA. LTDA.</b> Matriz: La Primavera I, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbaya. Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aaalab.com.ec Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca		 <b>ANAVANLAB</b> Orden No. 35306-3531 Muestra AAALab No. 3531 Página 1 de			
<b>INFORME DE RESULTADOS No. 35308</b>							
<b>1.- DATOS GENERALES</b>							
CLIENTE:	RODRIGUEZ PINOS EDISON FABRICIO				TELEFONO:	0979313237	
DIRECCION:	CUENCA / CAÑARIBAMBA / PASEO DE LOS CAÑARIS S/N Y HERNANDO LEOPULLA				ATENCION A:	EDISON RODRIGUEZ	
<b>2.- INFORMACION DE LA MUESTRA</b>		INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	BANANERA		
TIPO DE MUESTRA:	SUELO			FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	18/11/2021		
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	DL ( 10 ) MUESTRA 3			RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE		
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	19/11/2021			PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	25/11/2021 al 25/11/2021		
<b>3.- RESULTADOS</b>							
NORMA: AM097A, ANEXO 2, TABLA 1. CRITERIOS DE CALIDAD DEL SUELO							
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES NORMA	CUMPLIMIENTO*	+/- % U**
1	Cadmio	AAA-PE-S011/ EPA 3051/7061 A	mg/kg	0,8	0,5	NO CUMPLE	15,9%
<b>AA (Acreditaciones):</b>				<b>NOTAS</b>			
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Matriz Quito.		2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.		* Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.			
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Sucursal Coca.		4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.		** INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%.			
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.		ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.		Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001			
El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.							
Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.							
<b>4.- OBSERVACIONES</b>				<b>INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR:</b> Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 26/11/2021			



ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS  
ANAVANLAB CIA. LTDA.

Matriz: La Primavera I, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbaya.  
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aaalab.com.ec

Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca



INFORME DE RESULTADOS No. 35306

1.- DATOS GENERALES

CLIENTE:	RODRIGUEZ PINOS EDISON FABRICIO	TELEFONO:	0979313237
DIRECCION:	CUENCA / CAÑARIBAMBA / PASEO DE LOS CAÑARIS S/N Y HERNANDO LEOPULLA	ATENCION A:	EDISON RODRIGUEZ

2.-INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	BANANERA
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	18/11/2021
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	DL ( 20 ) MUESTRA 1		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	19/11/2021		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	25/11/2021 al 25/11/2021

3.-RESULTADOS							
NORMA: AM097A, ANEXO 2, TABLA 1. CRITERIOS DE CALIDAD DEL SUELO							
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES NORMA	CUMPLIMIENTO*	+/- % U**
1	Cadmio	AAA-PE-S011/ EPA 3051/7061 A	mg/kg	< 0,1	0,5	CUMPLE	15,9%

AA (Acreditaciones):		NOTAS
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Matriz Quito.	2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.	*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Sucursal Coca.	4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.	**INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%.
(*Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.	ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.	Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001

El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.

Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.

4.-OBSERVACIONES

CS Escaneado con CamScanner

INFORME REVISADO  
Y AUTORIZADO POR:  
Lcda. Alejandra Hidalgo  
Gerente Técnica  
ANAVANLAB CIA. LTDA.  
Quito, 26/11/2021

Anexo 5. Análisis de cantidad de Cd a los 60 días

Cd Sábila (3)



## ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS ANAVANLAB CIA. LTDA.

Matriz: La Primavera I, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbaya.  
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aanalab.com.ec

Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca



**ANAVANLAB**

Orden No. 35343-35347  
Muestra AAALab No. 35345  
Página 1 de 1

### INFORME DE RESULTADOS No. 35345

#### 1.- DATOS GENERALES

CLIENTE:	RODRIGUEZ PINOS EDISON FABRICIO	TELEFONO:	0979313237
DIRECCION:	CUENCA / CAÑARIBAMBA / PASEO DE LOS CAÑARIS S/N Y HERNANDO LEOPULLA	ATENCION A:	EDISON RODRIGUEZ

2.-INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	BANANERA
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	25/11/2021
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	MUESTRA 3 (5) (3)		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	26/11/2021		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	30/11/2021 al 30/11/2021

#### 3.-RESULTADOS NORMA: AM097A, ANEXO 2, TABLA 1. CRITERIOS DE CALIDAD DEL SUELO

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES NORMA	CUMPLIMIENTO*	+/- % U**
1	Cadmio	AAA-PE-S011/ EPA 3051/7061 A	mg/kg	2,2	0,5	NO CUMPLE	15,9%

AA (Acreditaciones):	NOTAS
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Matriz Quito.	2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Sucursal Coca.	4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.	ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.
	* Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE. ** INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%. Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001

El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.

Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.

#### 4.-OBSERVACIONES

	<p><b>INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR:</b> Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA.</p> <p>Quito, 01/12/2021</p>	
--	--	--



Acreditación N° SAE LEN 13-006  
LABORATORIO DE ENSAYOS

## ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS ANAVANLAB CIA. LTDA.

Matriz: La Primavera I, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbaya.  
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aalab.com.ec

Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca



**ANAVANLAB**

Orden No. 35343-35347  
Muestra AAALab No. 35344  
Página 1 de 1

### INFORME DE RESULTADOS No. 35344

#### 1.- DATOS GENERALES

CLIENTE:	RODRIGUEZ PINOS EDISON FABRICIO	TELEFONO:	0979313237
DIRECCION:	CUENCA / CAÑARIBAMBA / PASEO DE LOS CAÑARIS S/N Y HERNANDO LEOPULLA	ATENCION A:	EDISON RODRIGUEZ

2.-INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	BANANERA
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	25/10/2021
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	MUESTRA 2 S ( 5 )		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	26/11/2021		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	30/11/2021 al 30/11/2021

#### 3.-RESULTADOS

NORMA: AM097A, ANEXO 2, TABLA 1. CRITERIOS DE CALIDAD DEL SUELO

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES NORMA	CUMPLIMIENTO*	+/- % U**
1	Cadmio	AAA-PE-S011/ EPA 3051/7061 A	mg/kg	1,9	0,5	NO CUMPLE	15,9%

AA (Acreditaciones):		NOTAS
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Matriz Quito.	2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.	*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Sucursal Coca.	4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.	**INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%.
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.	ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.	Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001

El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.

Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.

#### 4.-OBSERVACIONES



Escaneado con CamScanner

INFORME REVISADO  
Y AUTORIZADO POR:  
Lcda. Alejandra Hidalgo  
Gerente Técnica  
ANAVANLAB CIA. LTDA.

Quito, 01/12/2021



Acreditación N° SAE LEN 13-006  
LABORATORIO DE ENSAYOS

## ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS ANAVANLAB CIA. LTDA.

Matriz: La Primavera I, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbaya.  
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aaalab.com.ec

Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca



**ANAVANLAB**

Orden No. 35343-3534  
Muestra AAALab No. 3534  
Página 1 de

### INFORME DE RESULTADOS No. 35343

#### 1.- DATOS GENERALES

CLIENTE:	RODRIGUEZ PINOS EDISON FABRICIO	TELEFONO:	0979313237
DIRECCION:	CUENCA / CAÑARIBAMBA / PASEO DE LOS CAÑARIS S/N Y HERNANDO LEOPULLA	ATENCION A:	EDISON RODRIGUEZ

2.-INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	BANANERA
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	25/11/2021
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	MUESTRA 1 DL (10)		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	26/11/2021		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	30/11/2021 al 30/11/2021

#### NORMA: AM097A, ANEXO 2, TABLA 1. CRITERIOS DE CALIDAD DEL SUELO

#### 3.-RESULTADOS

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES NORMA	CUMPLIMIENTO*	+/- % U**
1	Cadmio	AAA-PE-S011 / EPA 3051/7061 A	mg/kg	1,6	0,5	NO CUMPLE	15,9%

AA (Acreditaciones):		NOTAS
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Matriz Quito.	2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.	*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Sucursal Coca.	4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.	**INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%.
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.	ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.	Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001

El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.

Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.

#### 4.-OBSERVACIONES

CS Escaneado con CamScanner

INFORME REVISADO  
Y AUTORIZADO POR:  
Lcda. Alejandra Hidalgo  
Gerente Técnica  
ANAVANLAB CIA. LTDA.

Quito, 01/12/2021

**INFORME DE RESULTADOS No. 35346**

**1.- DATOS GENERALES**

CLIENTE:	RODRIGUEZ PINOS EDISON FABRICIO	TELEFONO:	0979313237
DIRECCION:	CUENCA / CAÑARIBAMBA / PASEO DE LOS CAÑARIS S/N Y HERNANDO LEOPULLA	ATENCION A:	EDISON RODRIGUEZ

<b>2.- INFORMACION DE LA MUESTRA</b>	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	BANANERA
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	25/11/2021
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	MUESTRA 4 DL (20)		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	26/11/2021		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	30/11/2021 al 30/11/2021

**3.- RESULTADOS**

NORMA: AM097A, ANEXO 2, TABLA 1. CRITERIOS DE CALIDAD DEL SUELO

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES NORMA	CUMPLIMIENTO*	+/- % U**
1	Cadmio	AAA-PE-S011/ EPA 3051/7061 A	mg/kg	2,5	0,5	NO CUMPLE	15,9%

AA (Acreditaciones):		NOTAS
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Matriz Quito.	2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.	*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Sucursal Coca.	4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.	**INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%.
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.	ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.	Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001

El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.

Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.

**4.- OBSERVACIONES**



Escaneado con CamScanner

INFORME REVISADO  
Y AUTORIZADO POR:  
Lcda. Alejandra Hidalgo  
Gerente Técnica  
ANAVANLAB CIA. LTDA.  
Quito, 01/12/2021



Anexo 6. Análisis de cantidad de cadmio al final de la experimentación



ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS  
ANAVANLAB CIA. LTDA.

Matriz: La Primavera 1, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbaya.  
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aaalab.com.ec

Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca



**INFORME DE RESULTADOS No. 35347**

**1.- DATOS GENERALES**

CLIENTE:	RODRIGUEZ PINOS EDISON FABRICIO	TELEFONO:	0979313237
DIRECCION:	CUENCA / CAÑARIBAMBA / PASEO DE LOS CAÑARIS S/N Y HERNANDO LEOPULLA	ATENCION A:	EDISON RODRIGUEZ

<b>2.- INFORMACION DE LA MUESTRA</b>	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	BANANERA
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	25/11/2021
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	MUESTRA 5 SUELO BOC		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	26/11/2021		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	30/11/2021 al 30/11/2021


**3.- RESULTADOS** NORMA: AM097A, ANEXO 2, TABLA 1. CRITERIOS DE CALIDAD DEL SUELO

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES NORMA	CUMPLIMIENTO*	+/- % U**
1	Cadmio	AAA-PE-S011/ EPA 3051/7061 A	mg/kg	1,8	0,5	NO CUMPLE	15,9%

AA (Acreditaciones):	NOTAS
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Matriz Quito.	2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones. *Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Sucursal Coca.	4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones. **INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%.
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.	ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados. Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001

El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.

Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.

<b>4.- OBSERVACIONES</b>	<p>INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR: Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA.</p> <p>Quito, 01/12/2021</p> 
--------------------------	---

CS Escaneado con CamScanner

## AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, Edison Fabricio Rodríguez Pinos portador de la cédula de ciudadanía N.º 0302070123. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Fitoremediación de suelos contaminados con cadmio, proveniente de los agroquímicos, mediante extracción usando el *Taraxacum officinale* (Diente de león) y el *Aloe vera* (Sábila)”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **07 de abril de 2022**



F: .....

Edison Fabricio Rodríguez Pinos

0302070123