



**UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURARES**

**CARRERA DE INGENIERIA DE MEDIO AMBIENTE**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**EVALUACIÓN DEL VETIVER (*Vetiveria zizanioides*) PARA LA DISMINUCIÓN DE METALES PESADOS (Cd, Pb) EN EL CANAL DE RIEGO LATACUNGA – SALCEDO – AMBATO EN EL SECTOR SAMANGA**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO DE MEDIO AMBIENTE

Autor:

Cuji Quingaluisa Janeth Katerine

Tutor:

Ballesteros María Isabel

Latacunga – Ecuador

2017

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Yo CUJI QUINGALUISA JANETH KATERINE declaro ser autor (a) del presente proyecto de investigación: EVALUACIÓN DEL VETIVER (*Vetiveria zizanioides*) PARA LA DISMINUCIÓN DE METALES PESADOS (Pb, Cd), EN EL CANAL DE RIEGO LATACUNGA – SALCEDO – AMBATO EN EL SECTOR SAMANGA siendo tutor (a) del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

.....  
Cuji Quingaluisa Janeth Katerine

C.I. 0503258634

## CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **CUJI QUINGALUISA JANETH KATERINE**, identificado con C.C. N° **0503358634**, de estado civil **SOLTERA** y con domicilio en la calle Hermanas Páez Parroquia Mulalillo Cantón Salcedo, a quien en lo sucesivo se denominará **LA/EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** - **LA/EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado de titulación de Proyecto de Investigación la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Unidad Académica según las características que a continuación se detallan:

Historial académico. -

Fecha de Inicio: octubre 2011.

Fecha de Finalización: marzo 2017

Aprobación HCA. - Julio 19 del 2016

Tutor. - PhD. Isabel ballesteros

Tema: **EVALUACIÓN DEL VETIVER (*Vetiveria zizanioides*) PARA LA DISMINUCIÓN DE METALES PESADOS (Pb, Cd), EN EL CANAL DE RIEGO LATACUNGA – SALCEDO – AMBATO EN EL SECTOR SAMANGA**

**CLÁUSULA SEGUNDA.** - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA.** - Por el presente contrato, **LA/EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA/EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA/EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA/EL CEDENTE** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA/EL CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en las cláusulas cuartas, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 24 días del mes de Noviembre del 2016.

Janeth Katerine Cuji Quingaluisa

**EL CEDENTE**

Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez

**EL CESIONARIO**

## **AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“EVALUACIÓN DEL VETIVER (*Vetiveria zizanioides*) PARA LA DISMINUCIÓN DE METALES PESADOS (Pb, Cd), EN EL CANAL DE RIEGO LATACUNGA – SALCEDO – AMBATO EN EL SECTOR SAMANGA”, de CUJI QUINGALUISA JANETH KATERINE, de la carrera DE INGENIERIA EN MEDIO AMBIENTE, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Agosto 2017

Tutora

PhD. Isabel Ballesteros

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN**

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recurso naturales; por cuanto, la postulante Cuji Quingaluisa Janeth Katerine con el título de Proyecto de Investigación “Evaluación del Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) para la disminución de Metales Pesados (Pb, Cd), en el canal de Riego Latacunga – Salcedo – Ambato en el Sector Samanga” han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Agosto 2017

Para constancia firman:

---

**Lector 1 (Presidente)**  
**Nombre: Ing. Renán Lara**  
**CC: 040048801-1**

---

**Lector 2**  
**Nombre: Ing. Cristian Javier Lozano**  
**CC: 0603609314**

---

**Lector 3**  
**Nombre: MSc. Patricio Clavijo Cevallos**  
**CC: 050144458-2**

## **AGRADECIMIENTO**

**Un profundo agradecimiento a dios y la Virgen santísima por ser mi guía y fortaleza por sus bendiciones y cuidado durante todas las etapas de mi vida, a mis queridos padres LUIS y GREGORIA por brindarme su apoyo emocional y económico, a mis hermanos que han estado apoyándome a mi querido padrino Ángel por ser un pilar incondicional a mi tío Elías Quingaluisa y su familia que supieron brindarme ese apoyo moral.**

**A mi tutora la Ing. Alexandra Tapia y a la PhD Isabel Ballesteros por su apoyo desinteresado**

**Al proyecto de Investigación: “*FORTALECIMIENTO DE LA UNIDAD OPERATIVA DE INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS (UOITA) PARA LA INVESTIGACIÓN TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN EL ÁREA DE ALIMENTOS, CON EL FIN DE PROMOVER LA GENERACIÓN Y EL DESARROLLO DE EMPRESAS AGROINDUSTRIALES EN LA ZONA 3 DEL PAÍS; Y MONITOREAR EL CONTENIDO DE METALES PESADOS EN LOS CULTIVOS AFECTADOS POR LAS CENIZAS PROVENIENTES DE LAS ERUPCIONES VOLCÁNICAS DEL TUNGURAHUA. (FITA-UOITA)*”, programa de Canje de Deuda Ecuador-España con la utilización de los Equipos.**

**A los ingenieros Mónica Silva y Mario Álvarez Investigadores de la Universidad Técnica de Ambato que me supieron brindar su amistad y guiarme con su sabiduría para realizar mi proyecto.**

**Al Ing. Luis Cuji por brindarme la oportunidad de llevar a cabo este estudio con el Honorable Consejo Provincial de Tungurahua.**

**A la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme las puertas para realizar mis estudios, a mis profesores, a mis grandes amigos que cada día estuvieron apoyándome y dándome ánimos para ser una gran persona muchísimas**

**gracias a todas las personas que llegaron a formaron parte de mi vida estudiantil.**

**Janeth Katerine Cuji Quingaluisa**

## **DEDICATORIA**

**El presente trabajo quiero dedicarle a mí amada madre Gregoria que día a día ha luchado junto a mí brindándome su cuidado, dedicación y amor, gracias por ser el motor principal en toda mi vida estudiantil a mis queridas hermanas Blanca y Guillermina por haber confiado en mí y estar pendiente de cada paso que doy en mi vida.**

**Janeth Katerine Cuji Quingaluisa**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES.

**TITULO:** “Evaluación del Vetiver (*Vetiveria Zizanioides*) para la disminución de Metales Pesados (Pb, Cd), en el canal de Riego Latacunga – Salcedo – Ambato en el sector Samanga”

**Autor:** Cuji Quingaluisa Janeth Katerine.

### RESUMEN

El propósito del presente proyecto fue la evaluación de la capacidad de remoción del “vetiver” (*Vetiveria zizanioides*) de metales pesados como Cadmio (Cd) y Plomo (Pb) en el agua del canal de riego agrícola Latacunga-Salcedo-Ambato en el sector de Samanga.

Esta investigación se realizó mediante una siembra hidropónica de vetiver, con los siguientes tratamientos: T1: Testigo (sin plantas de vetiver), T2: 50 plantas de vetiver (V50), T3: 100 plantas (V100). Se trabajó tanto en la evaluación del comportamiento de las plantas como en el grado de disminución de metales pesados (Cd, Pb). La experimentación duró 6 meses, utilizando tanques plásticos con capacidad de 100 litros y un sistema de recirculación de agua del canal de riego.

Los análisis de metales presentes en el agua se efectuaron en un Espectrofotómetro de Absorción Atómica con detector de horno de grafito marca PG Instruments. Los resultados obtenidos mostraron diferencias significativas  $p < 0,05$  entre los tratamientos, dando como resultado que el (*V. zizanioides*) con respecto al plomo tiene un porcentaje de absorción entre el 43% y el 80.4% según la densidad de plantas sembradas (50 plantas /tanque y 100 plantas /tanque respectivamente), mientras que en cadmio varía del 46.2% al 70.7%.

La investigación se realizó con la finalidad de mejorar la calidad del agua del canal de riego Latacunga-salcedo-Ambato, para de esta manera aportar con agua mejorada en la producción agrícola y ganadero al tener agua más salubre evitando de esta manera también contaminación de cultivos y enfermedades en los animales del sector. El resultado obtenido de esta investigación demuestra la disminución de metales pesados de Cadmio (Cd) y el Plomo (Pb) por absorción de plantas de vetiver.

**Palabras clave:** Vetiver, Fitorremediación, Metales pesados, Espectrofotómetro.

## UNIVERSITY TECHNICAL OF COTOPAXI

**Theme:** Evaluation of Vetiver (*Vetiveria Zizanioides*) to decrease of Heavy Metals (Pb, Cd) in the waterway Latacunga-Salcedo-Ambato in Samanga Sector.

**Author:** Cuji Quingaluisa Janeth Katerine.

The objective of this project was the removal of “vetiver” (*Vetiveria zizanioides*) absorption capacity in heavy metals as cadmium and lead in the water of agricultural irrigation waterway Latacunga-Salcedo-Ambato in the Samanga Sector.

This searching was realized through a Vetiver hydroponic planting, with the following treatments: T1, witness (without plants of vetiver), T2 - 50 plants of vetiver (V50), T3, 100 plants of vetiver (V100). It worked both the evaluation of the behavior of the plants and the grade of absorption of heavy metals (Cd, Pb). The experimentation lasted six months using plastic tanks with 100 liters of capacity and one system of recirculation of water from the irrigation canal.

The analysis of heavy metals present in the water was realized in a Spectrophotometer of atomic absorption with graphite furnace detector of make PG instruments.

The results obtained indicate significant differences  $p < 0,05$  between treatments, resulting from between a 43 to 80,4 % according to the density of planted plants (50 plants and 100 plants/tank respectively), while in cadmium it varies from 46.2% to 70.7%.

The searching was realized with the objective of improving the quality of water in agricultural irrigation waterway Latacunga-Salcedo-Ambato to help to purify water in the agricultural production and the sector cattle also to avoid the farming contaminated and diseases in animals at this area. The result obtains in this researching showing the decreased of heavy metals like cadmium and lead for absorption of vetiver plants.

## ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	III
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	VI
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	VII
AGRADECIMIENTO.....	VIII
DEDICATORIA.....	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
ÍNDICE GENERAL.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVI
ÍNDICE DE CUADROS.....	XVI
INDICE DE FIGURAS.....	XVII
INDICE DE GRÁFICOS.....	XVII
1. INFORMACION GENERAL:.....	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO:.....	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO:.....	3
4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:.....	4
5. OBJETIVOS:.....	6
a) General.....	6

b) Específicos.....	6
<b>6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS:.....</b>	<b>7</b>
<b>7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA .....</b>	<b>8</b>
<b>7.1. Antecedentes.....</b>	<b>8</b>
<b>7.2. Descripción Del Vetiver .....</b>	<b>8</b>
<b>7.3. Morfología del Vetiver .....</b>	<b>10</b>
7.3.1. Utilidades principales del vetiver: .....	11
7.3.2. Aplicaciones en fitorremediación: .....	12
7.3.3. Purificación De Aguas Contaminadas: .....	13
<b>7.4. El agua.....</b>	<b>13</b>
7.4.1. Importancia del agua:.....	14
7.4.2. Propiedades físico – químicas del agua: .....	14
7.4.3. Contaminación del agua: .....	14
7.4.4. Contaminantes del agua: .....	15
7.4.5. Fuentes puntuales y no puntuales de contaminación .....	15
7.4.6. Calidad de agua:.....	16
7.4.7. Índice físico – químico .....	17
7.4.8. Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego: .....	17
<b>7.5. Metales pesados: .....</b>	<b>19</b>
7.5.1. Principales metales pesados y su efecto al medio ambiente:.....	20
7.5.2. Plomo Pb:.....	21
7.5.2.1. Características físicas y químicas:.....	21
7.5.2.2. Fuentes generadoras de plomo: .....	21
7.5.3. Cadmio Cd:.....	22
7.5.3.1. Características físicas y químicas.....	22
7.5.3.2. Fuentes generadoras de Cadmio .....	22
7.5.4. Fuentes naturales y antropogénicas de Plomo y Cadmio en el Ecuador .....	23
<b>a) Plomo:.....</b>	<b>23</b>
<b>b) Cadmio: .....</b>	<b>23</b>
7.5.4.1. Plomo en Ecuador.....	24
7.5.4.2. Cadmio en el Ecuador .....	24
<b>7.6. Fito-remediación: .....</b>	<b>24</b>
7.6.1. Capacidad de Fito-remediación: .....	25

7.6.2. Mecanismos de Fito-remediación:.....	25
7.6.2.1. Fito-estabilización: .....	25
7.6.2.2. Fito-extracción:.....	25
7.6.2.3. Fito-volatilización: .....	25
7.6.2.4. Fito-estimulación:.....	26
7.6.2.5. Fito-degradación:.....	26
7.6.2.6. Rizo-filtración: .....	26
7.6.3. Fito-remediación ventaja y desventaja: .....	26
7.6.4. Fito-remediación de aguas residuales industrial y de uso agrícola:.....	27
<b>7.7. Evaluación de especies acuáticas flotantes:.....</b>	<b>27</b>
7.7.1. Especies acuáticas flotantes:.....	28
<b>8. METODOLOGÍA.....</b>	<b>29</b>
<b>8.1. Diseño experimental. ....</b>	<b>29</b>
8.1.1. Preparación del terreno: .....	29
8.1.2. Preparación de tanques: .....	30
<b>8.2. Siembra de especie <i>V. zizanioides</i> .....</b>	<b>30</b>
8.2.1. Método de siembra hidropónica: .....	31
8.2.2. Materiales.....	32
8.2.2.1. Materiales de Campo.....	32
<b>8.3. Sitio de Estudio. ....</b>	<b>33</b>
<b>8.4. Delimitación del área de estudio. ....</b>	<b>33</b>
<b>8.5. Muestreo de agua: .....</b>	<b>34</b>
8.5.1. Materiales para la obtención muestras:.....	34
8.5.2. Etiquetado de muestras: .....	35
8.5.3. Traslado de las muestras al laboratorio.....	35
<b>8.6. Parámetros de análisis mediante métodos analíticos del Laboratorio. ....</b>	<b>35</b>
8.6.1. Preparación de estándar .....	36
8.6.1.1. Elaboración de la curva de calibración.....	36
8.6.1.2. Análisis de cadmio y plomo por absorción atómica con horno de grafito .....	36
8.6.2. Preparación del estándar (plomo, cadmio) .....	37
<b>8.6.3. Cuantificación de la remoción de plomo y cadmio por la especie vetiver (<i>Vetiveria zizanioides</i>).....</b>	<b>37</b>
<b>8.7. Dinámica de crecimiento.....</b>	<b>38</b>

<b>8.8. Análisis Estadístico.....</b>	<b>39</b>
<b>9. ANALISIS DE RESULTADOS: .....</b>	<b>39</b>
<b>9.1. Revisión bibliográfica: .....</b>	<b>39</b>
9.1.1. Caso 1 .....	39
9.1.2. Caso 2 .....	41
<b>9.2. Determinación del grado inicial de contaminación del agua por metales.....</b>	<b>42</b>
9.2.1. Comparación de resultados con la Normativa Ecuatoriana Vigente para Uso Agrícola: .....	45
9.2.2. Porcentaje de disminución de la cantidad de metales.....	46
<b>9.3. Dinámica De Crecimiento.....</b>	<b>49</b>
<b>9.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>51</b>
<b>10. IMPACTOS (TÉCNICO, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS).52</b>	
<b>11. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DE PROYECTO .....</b>	<b>53</b>
<b>12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>54</b>
<b>13. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>55</b>
<b>14. ANEXOS .....</b>	<b>58</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diseño experimental .....	30
Tabla 2. Coordenadas.....	33
Tabla 3. Descripción de tratamientos.....	42
Tabla 4. Resultados de los análisis a tiempo 0.....	43
Tabla 5. Media estadística y error estándar de la cantidad de metales en los tanques de cada tratamiento. T: testigo; V50: tanque 50 plantas; V100: tanque 100 plantas).....	45
Tabla 7. Variación de la cantidad del plomo respecto al inicio en los 2 tiempos de muestreo.....	47
Tabla 8. Variación de la cantidad del cadmio respecto al inicio en los 2 tiempos de muestreo. ....	48
Tabla 9. Promedios del crecimiento de la raíz cada 15 días. ....	49
Tabla 10. Promedio del desarrollo de la hoja.....	50
Tabla 11. Presupuesto del proyecto .....	53

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Taxonomía del vetiver.....	8
<b>Cuadro 2. Efectos de los distintos tipos de contaminación.....</b>	<b>15</b>
<b>Cuadro 3. Efectos de los usos del agua sobre la calidad.....</b>	<b>17</b>
Cuadro 4. Parámetros utilizados en los índices físico – químico de la calidad del agua.....	18
Cuadro 5. Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola .....	19
Cuadro 6. Condiciones Instrumentales para la lectura de plomo y cadmio en el equipo .....	36
Cuadro 7. Resumen de resultados de parámetros analíticos del agua.....	40
Cuadro 8. Concentración de Pb y Cd en suelo, agua y leche de los sectores analizados del cantón Quero .....	42

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1. Especie Vetiver zizanioide</b> .....	11
Figura 2.Sistema de recirculación de agua.....	30
Figura 3.Siembra Hidropónica.....	31
Figura 4.Preparación de planchas de espuma Flex .....	31
Figura 5. Preparación y siembra de esquejes de <i>V. zizanioide</i> .....	32
Figura 6. Ubicación Geográfica del lugar de la siembra.....	33
Figura 7. Delimitación del área de siembra .....	34
Figura 8. Espectrofotómetro con horno de grafito .....	35
Figura 9. Inyección de muestra .....	37
Figura 10.Mediciones de hojas y raíz .....	38

## INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Porcentaje de Plomo de tres tratamientos en función del tiempo. ....	46
Gráfico 2. Porcentaje de cadmio de tres tratamientos en función del tiempo.....	48
Gráfico 3. Dinámica de crecimiento de la hoja con periodos de 15 días en un tiempo de 6 meses de los ensayos: V50 (50 plantas de vetiver) y V100 (100 plantas de vetiver). ....	49
Gráfico 4. Dinámica de crecimiento de la hoja con periodos de 15 días en un tiempo de 6 meses de los ensayos: V50 (50 plantas de vetiver) y V100 (100 plantas de vetiver). ....	51

## **1. INFORMACION GENERAL:**

### **Título del Proyecto:**

Evaluación del Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) para la disminución de metales pesados (Pb, Cd), en el canal de riego Latacunga – Salcedo – Ambato en el sector Samanga.

### **Fecha de inicio:**

Abril 2016

### **Fecha de finalización:**

Febrero 2017

### **Lugar de ejecución:**

Provincia: Tungurahua - Cantón: Ambato - Parroquia: Atahualpa - Sector: Samanga

### **Facultad que auspicia**

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

### **Carrera que auspicia:**

Ingeniería en Medio Ambiente

### **Proyecto de investigación vinculado:**

Análisis y desarrollo de estrategias para mitigar la contaminación ambiental

### **Equipo de Trabajo:**

Janeth Katerine Cuji Quingaluisa (Autor)

Ing. Isabel Ballesteros (Tutora)

Ing. Mónica Silva y Mario Álvarez (Asesores). Proyecto Canje de Deuda

### **Área de Conocimiento:**

Investigación aplicada

**Línea de investigación:**

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

**Sub líneas de investigación de la Carrera:**

Gestión Ambiental y Ordenamiento Territorial para el Desarrollo Sostenible (Planificación, manejo y conservación de recursos hídricos)

**2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO:**

Desde hace años se han llevado a cabo distintos estudios sobre la contaminación de las aguas del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato, por diferentes entidades públicas y privadas llegando a la conclusión de que dichas aguas están fuera de los límites para su uso agrícola y aún más para el uso doméstico o consumo humano (Bustamante & Pozo, 2012,).

El tratamiento de aguas residuales mediante la utilización de plantas acuáticas se llama fitorremediación, esto ha despertado un gran interés en la investigación por el potencial que presenta para la depuración de la misma. Este tipo de tratamiento nos permite evaluar la capacidad de las plantas para mejorar la calidad de agua.

Al realizar el presente proyecto se ha dado a conocer una alternativa de descontaminación en ecosistemas acuáticos para que el agua del canal sea apta para su utilización en riego, tratando de asegurar a los productores tener cultivos de mejores condiciones alimentarias. (Reza, etc., 2016)

Además, se toma en cuenta que se está cumpliendo con los principios de la llamada ecología verde que consiste en el uso de tratamientos alternativos para remediar la contaminación a través del uso de nuevas plantas como medio de fitorremediación. Se trata de enfatizar la fitorremediación como una herramienta imprescindible cuando se introducen mejoras tecnológicas ya que se ocupa de descontaminar ecosistemas

acuáticos que se encuentran con grandes concentraciones químicas, físicas y biológicas que generan impactos negativos sobre la salud humana y el ambiente.

Actualmente la contaminación del río Cutuchi es considerada por el Gobierno Nacional como un problema de Salud Pública a nivel nacional, el canal de Riego Latacunga, Salcedo, Ambato conduce estas agua, tiene 36 kilómetros y conduce 4500 litros por segundo de cuyas aguas se benefician 17000 familias y usan para irrigar 7500 hectáreas de cultivos de hortalizas y legumbres 3000 hectáreas en Cotopaxi y 4500 hectáreas en Tungurahua. Según la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo SENPLADES, cerca del 65% de la producción de hortalizas y legumbres de la zona central del país es irrigada por estas aguas. Este porcentaje de producción según la institución se comercializa en los principales centros de acopio del Ecuador, por esta razón es imprescindible implementar un plan para descontaminar sus aguas (Gutierrez, 2010).

La presencia de empresas curtiembres y metalmecánica al no tratar sus aguas residuales en forma apropiada y eliminar al canal Latacunga, Salcedo, Ambato emiten aguas con presencia de metales.

Tomando en cuenta la gran contaminación que existe en el canal de riego Latacunga – Salcedo – Ambato ya que estas son aguas que proviene del Río Cutuchi, el Honorable Consejo Provincial de Tungurahua (Departamento del Parlamento Agua), con el propósito de dar una posible solución al agua que se utiliza en los cultivos del sector Samanga, ha tenido la iniciativa de apoyar en la ejecución del presente proyecto de fitorremediación y las investigaciones de laboratorio se realizaron en convenio con la Universidad Técnica De Ambato a través del Proyecto de Canje de Deuda FITA UOITA (Pozo & Velastegui, 2012).

### **3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO:**

#### **Los beneficiarios directos son los siguientes:**

El presente proyecto investigativo tiene como beneficiarios directos al Honorable Consejo Provincial de Tungurahua (Parlamento Agua) ya que el objetivo es el de replicar en toda la provincia.

#### **Los beneficiarios indirectos:**

<b>Provincia</b>	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>	<b>Total</b>
Tungurahua	244.783	259.800	504.583
<b>Cantón</b>	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>	<b>Total</b>
Ambato	159830	170026	329856
<b>Sector</b>	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>	<b>Total</b>
Samanga	45	63	108
<b>Datos: INEC</b>			
<b>Listado de riego: módulo Samanga</b>			

#### **4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:**

En América Latina el problema de la contaminación de las fuentes de agua por el vertimiento de aguas residuales es cada vez mayor además de la baja cobertura en el tratamiento y el abandono de los sistemas implementados. Es prioritario entonces desarrollar metodologías encaminadas a aumentar la sostenibilidad de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas y así como disminuir el impacto ocasionado por los vertimientos de agua contaminada (Souza *et al*, 2016).

En las Provincias de Tungurahua y Cotopaxi se desliza un río contaminado, sus efectos están a la vista, pero se hace poco para evitar una catástrofe. La Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA), realizó un nuevo llamado de atención a las autoridades de la provincia para que se una a un proceso que pretende descontaminar al río Cutuchi, se ha formado comisiones para presionar sanciones y acciones legales en contra de quienes afecten a este efluente.

Desde hace más de 25 años se han instalado en las provincias de Tungurahua y Cotopaxi industrias de curtiembre y metal mecánica, no hay un manejo adecuado de los desechos tanto líquidos como sólidos, se estima diariamente 1,8 toneladas de escombros y basura que se arrojan a los cauces mencionados.

Las aguas del río Cutuchi, luego que pasan la zona urbana de la ciudad de Latacunga son captadas por los sistemas de riego: Latacunga – Salcedo – Ambato y Jiménez -Cevallos, estas aguas no son aptas para

ningún uso, sin embargo, los agricultores riegan en sus sembríos con estas aguas; los productos de estos sembríos luego son transportados para la venta en ciudades tales como: Latacunga, Ambato, Riobamba e incluso Quito y Guayaquil (Cesa, 2003).

Se recomienda solucionar la contaminación provocada por Latacunga, pues en este cantón hay 41 industrias metalúrgicas, curtiembres, molineras, talleres de ensamblaje, aglomerados, bebidas, procesamiento de carnes, florícolas, plásticos y embutidos, son los responsables de la afección al río Cutuchi, existiendo de igual manera en la provincia de Tungurahua.

Existen ordenanzas municipales que no se cumplen, pero no se les capacita en cómo hacer remediación del agua. El cantón Ambato, las operaciones y procesos de las curtiembres generan residuos líquidos y sólidos que se distinguen por su elevada carga orgánica y presencia de agentes químicos que pueden tener efectos tóxicos, como es el caso del sulfato y cromo, que es mayoritariamente tóxico y puede alterar el material genético y causar cáncer (Altamirano, 2010).

Las empresas de curtiembre, metalmecánica se han desarrollado ampliamente en las provincias de Cotopaxi y Tungurahua, produciendo aguas contaminadas principalmente de metales, el agua que eliminan no tiene un tratamiento adecuado, las ordenanzas municipales no son suficientes porque no mencionan tecnologías de remediación que disminuya esta contaminación. A nivel de las curtiembres los metales que se han encontrado son: Cadmio, Cromo, Cobalto, Cobre, Plomo, Manganeseo, Mercurio, Níquel, Zinc (Taípe & Chilibingua, 2013).

Las sanciones de los municipios de las provincias de Tungurahua y Cotopaxi por la contaminación de aguas no es la solución, se debe a través de tecnologías de barreras fito y biorremediación empezar a capacitar en las empresas con la formación de piscinas de almacenamiento con el uso de vetiver *Vetiveria zizanioides*, como alternativa de descontaminación de las aguas generadas (Cuji, 2013).

Es importante mencionar que no se ha realizado una investigación sobre el desarrollo de tecnologías de bajo costo, solamente se reporta niveles de contaminación, pero no se da soluciones, por tanto, el círculo no está cerrado.

Un factor de análisis de las aguas del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato es que durante el trayecto aumenta su contaminación especialmente de aguas procedentes de industrias de la curtiembre y metalmecánica y pasan directamente a formar parte del sistema de riego norte del cantón Ambato, esta agua es utilizada para el cultivo de legumbres, hortalizas y la venta de los productos es en la provincia de Pichincha y zona central del país.

Disminuir la presencia de metales pesados y otras sustancias en aguas contaminadas de industria de la curtiembre y metalmecánica, causará un efecto que influye directamente en el suelo, los alimentos que cultivan agricultores, población que consume estos alimentos, por lo tanto, esta cadena productiva severa disminuida su contaminación y permitirá ofrecer alimentos más seguros (Bustamante, 2012).

## **5. OBJETIVOS:**

### **a) General.**

- ✓ Evaluar el proceso de absorción de elementos pesados (Pb, Cd), del Vetiver (*Vetiveria zizanioides*), en el canal de riego Latacunga – Salcedo – Ambato en el sector Samanga.

### **b) Específicos.**

- ✓ Analizar estudios realizados por la UTA., del canal de riego Latacunga – Salcedo – Ambato.
- ✓ Estimar el tiempo de absorción de los metales Pb y Cd, mediante el Vetiver.
- ✓ Verificar la capacidad de crecimiento de la planta de vetiver en su raíz y tallo.

**6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS:**

<b>Actividad</b>		<b>Resultado de la actividad</b>	<b>Actividad</b>
Objetivo 1	1.-Se llevó a cabo una revisión de estudios realizados en el año 2006 por de la carrera de Ingeniería en alimentos de la UTA.	Objetivo 1	Revisión bibliográfica, comparación de tablas para saber si los metales pesados sobrepasan los límites permisibles.
Objetivo 2.	1.-Se realizó un cultivo hidropónico en laboratorio  2.-Realización de análisis de laboratorio para actualizar los datos de la presencia de Cd y Pb  3.-Análisis de diseño estadístico mediante la curva de absorción de plomo y cadmio en el canal de riego Latacunga – Salcedo – Ambato.	Objetivo 2.	Se realizó un cultivo hidropónico de vetiver con tanques de capacidad para 100lt con un sistema de recirculación de agua.  Para la evaluación se utilizó el programa de cálculo Excel y el programa estadístico Past 3.14.  Este paquete nos permitió tabular los resultados que arrojó el equipo de absorción atómica y se evaluó el nivel de absorción de los metales del agua transcurrido el determinado tiempo.
Objetivo 3	1.- Visitas continuas de control	Objetivo 3	Se registró los datos de altura de la planta cada 15 días desde los primeros 15 días hasta los 6 meses, para esto se utilizará tablas de registro físico que luego serán registradas en digital para poder realizar su tabulación.  Para la tabulación de estos datos se utilizó el programa estadístico Past 3.14.

**Elaborado por:** Janeth Cuji (2017)

## 7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

### 7.1. Antecedentes

Un factor de análisis de las aguas de Ambato es que durante el trayecto aumenta su contaminación especialmente de aguas procedentes de industrias de la curtiembre y metal mecánica y pasan directamente a formar parte del sistema de riego norte del cantón Ambato, esta agua es utilizada para el cultivo de legumbres, hortalizas y la venta de los productos es en la provincia de Pichincha y zona central del país.

Disminuir la presencia de metales pesados y otras sustancias en aguas contaminadas de industria de la curtiembre y metalmeccánica, causará un efecto que influye directamente en el suelo, los alimentos que cultivan agricultores, población que consume estos alimentos, por lo tanto, esta cadena productiva se verá disminuida su contaminación y permitirá ofrecer alimentos seguros.

### 7.2. Descripción taxonómica del Vetiver

En el **cuadro 1** se resume la taxonomía de la especie vegetal a ser evaluada ya que es muy importante conocer muy de cerca la especie a estudiar.

**Cuadro 1. Taxonomía del vetiver**

Reino:	Plantae
División:	Magnoliopyta
Clase:	Liliopsida
Subclase:	Liliidae
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae (Gramíneas)
Género:	Vetiveria
Especie:	Zizanioides

**Fuente:** Herbotecnia 2004

Existen como 10 especies de gramíneas comunes al vetiver, es una planta perenne de la familia de las gramíneas, nativa de la India. El pasto vetiver (*vetiverian zizanioides*) ha demostrado ser ideal para la conservación del suelo y agua, la humedad del suelo y otros usos como en biorremediación, bioingeniería, forrajes, agroforestería, medicinal, artesanía, energía etc. (Hrideek & Raghy, 2015).

La planta de vetiver es una gramínea perenne, parecida a la hierbaluisa de tupidos penachos, con inflorescencia y semilla estériles que se reproducen con dificultad. Como no tiene rizoma radicular o haces enraizados, la planta crece en grandes macollos a partir de una masa radicular muy ramificada y esponjosa sus tallos erguidos en forma recta alcanzan una altura de 0.5 a 1.5 m. Las hojas son relativamente rígidas, largas y angostas y tienen hasta 75 cm. de largo y no más de 8 mm de ancho. La panícula tiene entre 15 a 40 cm. De largo la planta puede soportar sequías extremas debido a su alto contenido de sales de la savia de sus hojas, así como inundaciones por largos periodos (se han reportado hasta 45 días de inundación en el terreno). Crece en un rango amplio de suelos y con diferentes niveles de fertilidad y puede resistir hasta temperaturas de  $-9^{\circ}$  C desde el nivel del mar hasta los 2500 metros sobre el nivel del mar (msnm) (Andra & Datta , 2009).

El vetiver puede acumular metales pesados, plomo particular (reportando un 0,4% y un 1% de la raíz) y zinc (hojas y raíz 1%). La mayoría de los metales pesados se acumulan en las raíces por lo tanto adecuados para fitoestabilización, y para la fitoextracción con la adición de agentes quelantes. Vetiver también puede absorber y promover la biodegradación de los desechos orgánicos (trinitroloene, fenol, bromuro de metilo, venzo, pireno, atrazina).

Aunque el vetiver no es tan eficaz como algunas otras especies en la acumulación de metales pesados, muy pocas plantas en la literatura tienen una amplia gama de tolerancia a condiciones extremadamente adversas del clima y el medio de cultivo (suelo, arena y desechos) combinadas en una sola planta como vetiver. Todas estas características especiales hacen al vetiver una planta de elección para la fitorremediación de metales pesados y residuos orgánicos (Gomes,2014).

Gramínea, subfamilia Panicoindae y dentro de estas el pasto vetiver (*Vetiveria zizanioides*) ha demostrado ser la ideal para la conservación del suelo y agua, la humedad del suelo y otros usos como en biorremediación, bioingeniería, forrajes, agroforestería, medicinal, artesanía, energía etc. (Hrideek & Raghu, 2015).

Sus hojas son usadas como materias primas en la elaboración de artesanías, artículos de decoración y como material para techar viviendas rústicas, ya que son de gran resistencia. La biomasa de vetiver (hojas y tallos) son usadas en este momento como material de combustión para calderas en industrias papeleras y cementeras, que reducen el nivel de contaminación atmosférica, ya que las que se están usando en la actualidad, que son derivados del petróleo, ocasionan daños enormemente grandes a la atmósfera y se reduce el nivel de oxígeno en el planeta, ocasionando cambios climáticos muy drásticos que alteran el ciclo de la vida productiva del planeta y atentan contra los recursos naturales como el agua y los suelos, así como también el buen vivir de los seres humanos (Perez, 2006).

El vetiver puede crecer hasta 1,5 metros, sus tallos son altos, las hojas son largas, delgadas y rígidas. A diferencia de la mayoría de las gramíneas, las raíces del vetiver crecen masivamente de manera vertical y alcanzan una profundidad de hasta 4 metros. Sus semillas no son fértiles, por lo cual es una planta ecológicamente segura. El vetiver está estrechamente relacionado con otras gramíneas fragantes como el *Cymbopogon* (*Cymbopogon citratus*) y la citronella (*Cymbopogon nardus*).

Está siendo ampliamente usada en bioingeniería para control de erosión; fitorremediación de aguas y suelos contaminados por metales pesados, hidrocarburos, agroquímicos, y otros poluentes (Corte, 2011).

### **7.3.Morfología del Vetiver**

El vetiver es originario de la India, es ampliamente cultivado en los países de las regiones tropicales. Los mayores productores a nivel mundial son Haití, la India, Java y Reunión. Aunque el vetiver no es tan eficaz como algunas otras especies en la acumulación de metales pesados, muy pocas plantas en la literatura tienen una amplia gama de tolerancia a condiciones extremadamente adversas del clima y el

medio de cultivo (suelo, arena y desechos) combinadas en una sola planta como vetiver. Todas estas características especiales hacen vetiver una planta de elección para la fitorremediación de metales pesados y residuos orgánicos. La mayoría de los metales pesados se acumulan en las raíces por lo tanto adecuados para fitoestabilización, y para la fitoextracción con la adición de agentes quelantes. Vetiver también puede absorber y promover la biodegradación de los desechos orgánicos (2, 4,6-trinitrotoluene, fenol, bromuro de etidio, benzo [a] pireno, atrazina) (Danh & Truong , 2009).

**Figura 1. Especie Vetiver zizanioides**



**Elaborado por:** Janeth Cuji (2017)

### **7.3.1. Utilidades principales del vetiver:**

- ✓ Barrera contra la Erosión.
- ✓ Cortavientos.
- ✓ Formación de bancales vivos y naturales.
- ✓ Prevención de corrimientos de tierras y desastres naturales.
- ✓ Control contaminación del agua: Muy eficiente en la absorción de N, P, Hg, Cd y Pb.
- ✓ Capacidad de descontaminación de contaminantes agrícolas químicos
- ✓ Rehabilitación de áreas contaminadas y degradadas.
- ✓ Prevención de desastres naturales.
- ✓ Mantenimiento de taludes de tierra.

- ✓ Control de sedimentos.
- ✓ En barrancos, pendientes y taludes, para la conservación del agua y el sustrato.
- ✓ Delimitación de áreas diversas.
- ✓ Creación de presas de tierra de bajo coste.
- ✓ Barrera visual y acústica.
- ✓ Barrera antipolución atmosférica
- ✓ Barrera anti - fuego.
- ✓ Barrera de control de avalanchas de agua.

(Perez, 2006).

### 7.3.2. Aplicaciones en fitorremediación:

En **Australia** los residuos de rellenos e industriales están normalmente contaminados con metales pesados como As, Cd, Cr, Ni, Cu, Pb y Hg, que los hace altamente tóxicos tanto para plantas como para los humanos. El movimiento de estos materiales contaminantes desde los lugares en los que se emiten debe ser adecuadamente controlado. En investigaciones realizadas por Paul Truong se ha demostrado que el vetiver es altamente tolerante a niveles muy altos de metales pesados como As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se y Zn.

Estos resultados indican que el pasto vetiver es muy idóneo para ser usado en la rehabilitación de esos sitios contaminados y los trabajos realizados en Australia han mostrado de manera concluyente que el vetiver puede ser usado para rehabilitar taludes y líneas de desagüe altamente erosionables y para reducir la lixiviación de estos sitios contaminados (Grimshaw, 2000).

En la **China** se descubrió que el vetiver puede remover el 34% del N total y el 68% de P soluble al agua en lagos y ríos contaminados después de una semana de crecimiento; la tasa de remoción fue del 99% para P después de tres semanas y del 74% para el total de N después de cuatro semanas. Como planta de muy rápido crecimiento y gran producción (producción de materia seca de hasta 700t/ha/año) en condiciones de altos contenidos de N y P, esto se traduce en 102 toneladas de N y 54 toneladas de P que pueden ser removidas anualmente por hectárea con la siembra del vetiver. Además, el material

recolectado con la técnica de "isla flotante" desarrollada por los chinos puede ser usado como alimento para animales y rastrojo para los huertos o la manufactura de papel. En China tenía un valor de materia seca de US\$10/t como pulpa para papel. Estas comprobaciones muestran que el vetiver es un recurso poderoso para purificar el agua contaminada, que tiene el potencial de aportar un ingreso adicional a los agricultores o a las organizaciones encargadas del tratamiento de residuos (Funzani *et al*, 2012).

En **Tailandia**, investigaciones realizadas con cultivos de repollo en laderas empinadas (60%) indican que las barreras de vetiver desempeñan un papel importante en el proceso de captura y descontaminación de substancias agroquímicas, especialmente plaguicidas como el carbofurán, el monocrotofos y el anaclor, impidiéndoles acumularse en los cultivos y contaminar las tierras y los escurrimientos de agua (Melato & Crindle, 2016).

### **7.3.3. Purificación De Aguas Contaminadas:**

(Reza, et al, 2016) Investigó en Tailandia la posibilidad de usar el vetiver en purificación de aguas domésticas. Ella empleo cinco variedades ecotipos de Vetiver a saber: "Brazil", "Sri Lanka" "Ratchaburi", "Surta Thani" e "Indonesia". Los tratamientos consistieron en mezclas de aguas servidas y de agua dulce en cinco niveles, viz 0, 25, 50, 75 y 100% de aguas servidas. Se encontró que en las mezclas de 75 y 100%, la altura, tamaño de la macolla, y biomasa de las plantas de Vetiver fueron diferentes en forma significativa de aquellas en que se usó agua dulce solamente. Más aún se encontró que la variedad Brasil absorbió grandes cantidades de N, K, Ca y Mg; la variedad Indonesia pudo absorber mayores cantidades de P en comparación con otras variedades/ecotipos, y la variedad Brasil pudo absorber grandes cantidades de Pb y Cd. La variedad Indonesia absorbió tanto como 4,9 ppm de Pb almacenándolo en la parte aérea. Finalmente se concluyó que el Vetiver si puede ser usado en tratamiento biológico de las aguas servidas.

## **7.4. El agua.**

El agua es uno de los compuestos químicos más importantes para los seres humanos y a la vida en general, ya que se encuentran distribuidos en todo el planeta. Este cubre aproximadamente el 72% de la superficie terrestre, y la materia viva incluye altos porcentajes de esta sustancia en su composición, debido a que la requieren para realizar sus funciones. Una de las características singular es la de ser única sustancia química que en nuestro planeta se presenta en los tres estados de agregación: sólido, líquido, gaseoso, en estado natural (Galvín, 2006).

#### **7.4.1. Importancia del agua:**

Podemos comenzar diciendo que el agua es uno de los elementos naturales que se encuentra en mayor cantidad en el planeta Tierra. Además, podemos agregar que el agua es uno de esos elementos que más directamente tienen que ver con la posibilidad del desarrollo de distintas formas de vida (Galvín, 2006).

#### **7.4.2. Propiedades físico – químicas del agua:**

El agua es un líquido inodoro, insípido, transparente e incoloro, debido a su estructura polar el agua disuelve o dispersa sustancias mucho mejor que otros líquidos.

Algunas propiedades que más transcendencia tiene desde el punto de vista medio ambiental son:

- Altos valores de capacidad calorífica y calores latentes de fusión y vaporización.
- Alta conductividad térmica y altas y temperaturas de fusión y ebullición.
- Variación de la densidad y alto valor de la tensión superficial.
- Gran capacidad disolvente, que se debe a:
- La capacidad de formación de enlaces de hidrogeno, pequeño tamaño molecular y elevado valor de su momento dipolar (Galvín, 2006).

#### **7.4.3. Contaminación del agua:**

La contaminación consiste en una modificación, generalmente provocada por el hombre, de la calidad del agua. Haciéndola impropia o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, así como los animales domésticos y la vida natural.

De las definiciones de contaminación se debe destacar algunos aspectos fundamentales:

- Se parte de la calidad o composición natural del agua
- Se mide la contaminación en función del uso al que el agua está destinada
- Se considera contaminación a la provocada de forma directa o indirecta por la actividad humana (Echarri, 2007).

#### **7.4.4. Contaminantes del agua:**

La clasificación de los contaminantes debido a la naturaleza física – química es la siguiente:

- **Agente físico**
- **Compuestos químicos inorgánicos**
- **Compuestos químicos orgánicos**
- **Bionutrientes** (Troya, 2012).

#### **7.4.5. Fuentes puntuales y no puntuales de contaminación**

Los efectos sobre la calidad del agua se debe distinguir las fuentes puntuales son las fábricas, industrias y comercios que vierten sustancias tóxicas en el agua como se observa en la actualidad son las que mayor problema causan como detalla en la **Cuadro 2**.

#### **Cuadro 2. Efectos de los distintos tipos de contaminación**

Principales categorías de contaminación		Categorías generales de efectos causados			
		Daños a los recursos vivientes	Peligros para la salud humana	Impedimentos para riego e industria	Reducción de los hogares de distracción
<b>Desagüe de aguas residuales domesticas</b>	Microbiana directa	-	Xx	-	X
	Microbiana indirecta	-	Xx	X	.
	Eutrofización y procesos afines	X	X	X	Xx
<b>Productos de desechos industriales</b>	Metales pesados	-	Xx	X	-
	Petroquímica	-	Xx	X	X
	Aceites, etc.			X	Xx
	Plaguicidas	X	Xx	-	-
	Detergentes	Xx	-	-	X
	Calor	Xx	-	X	X
<b>Actividad agrícola</b>	Abonos	X	Xx	-	-
	Pesticidas	X	Xx	-	-
x categoría general de efectos más frecuentes asociados con esta clase de contaminación, xx Categoría más importante de los efectos del tipo concreto de contaminación.					

**Fuente:** Hernández Aurelio, sistema para depuración de aguas residuales

#### 7.4.6. Calidad de agua:

La calidad de agua es tan importante como su cantidad. Aunque una vez utilizada la mayoría de agua retorna a sus cauces originales, pero su calidad disminuye como observamos a continuación en la **Cuadro 3:**

**Cuadro 3. Efectos de los usos del agua sobre la calidad**

Usos	Efectos
<b>Doméstico/industrial</b>	Disminución del oxígeno disuelto.
<b>Industria/minería</b>	Disminución del oxígeno disuelto; contaminación del agua con metales y compuestos orgánicos; drenaje ácido de minas.
<b>Termoeléctrica</b>	Incremento de la temperatura del agua.
<b>Irritación/residuos animales</b>	Salinización del agua superficial y agua subterránea, disminución del oxígeno disuelto.

**Fuente:** Spiro Thomas, química medioambiental, 2007

#### 7.4.7. Índice físico – químico

Estos índices son una serie de valores numéricos que engloban varios parámetros con la finalidad de determinar la calidad del agua. Los parámetros comúnmente utilizados en los índices se exponen en el **cuadro 4.**

#### 7.4.8. Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego:

Se entiende por agua de uso agrícola aquella empleada para la irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias que establezcan los organismos competentes.

Se prohíbe el uso de aguas servidas para riego, exceptuándose las aguas servidas tratadas y que cumplan con los niveles de calidad establecidos en esta Norma.

Los criterios de calidad admisibles para las aguas destinadas a uso agrícola se presentan a continuación (ver cuadro 5).

Se entiende por agua de uso agrícola aquella empleada para la irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias que establezcan los organismos competentes.

**Cuadro 4. Parámetros utilizados en los índices físico – químico de la calidad del agua**

<b>Parámetros organolépticos</b>	Color, Turbidez, Color, Sabor		
<b>Parámetros físicos</b>	Sólidos totales (residuo seco)	Sólidos suspendidos (sedimentables y no sedimentables)	
		Sólidos filtrables (coloides y disueltos)	
	Temperatura, Conductividad, Radioactividad		
<b>Parámetros químicos</b>	Salinidad		
	Dureza		
	pH		
	Alcalinidad		
	Acidez		
	Oxígeno disuelto		
	Materia orgánica		
	DBO (demanda biológica de oxígeno)		
	DQO (demanda química de oxígeno)		
	COT (carbono orgánico total)		
	Bionutrientes (N, P)		
	Otros compuestos	Metales pesados	
		Aniones y cationes	
Sustancias indeseables			
Sustancias tóxicas			
<b>Parámetros microbiológicos</b>	Indicadores	Coliformes (totales y fecales)	
		Estreptococos fecales	
		Enterococos fecales	
	Ensayo específico (salmonella, entre otros)		

**Fuente:** (Gordillo & Jimbo Muñoz, 2011)

**Cuadro 5. Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola**

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico (total)	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro (total)	B	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Cobalto	Co	mg/l	0,05
Cobre	Cu	mg/l	2,0
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,1
Flúor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante	visible	<b>Ausencia</b>	
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Plata	Ag	mg/l	0,05
Potencial de hidrogeno	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Selenio	Se	mg/l	0,02

**Fuente:** Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULAS) Libro 6, Anexo 1.

### 7.5. Metales pesados:

Los metales pesados son un grupo de elementos de alta prioridad sanitaria, debido a su alta toxicidad sobre la mayoría de los organismos, a su ubicuidad ya que se pueden bioacumular a través de las cadenas tróficas en los ecosistemas acuáticos y terrestres. Estos tienen densidad superior a 4,5 g/cm<sup>3</sup>, y aunque

algunos son esenciales en el metabolismo de los seres vivos, como el cobalto, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, vanadio, estroncio y zinc, en concentraciones muy elevadas estos son demasiado tóxicos y pueden ocasionar daños irreversibles.

Algunos otros como el cadmio y el plomo son muy tóxicos inclusive a concentraciones muy altas. Esta problemática se ha acrecentado debido al mal manejo de las descargas industriales y al ineficiente tratamiento que se les da a las mismas. Uno de los métodos para reducir el contenido de metales pesados en el medio ambiente es el uso de plantas para eliminarlos del sustrato (Argibay & Casano, 2010).

Las enfermedades relacionadas con el agua contaminada son una tragedia humana que cada año cobra la vida de más de 5 millones de personas, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS). Como resultado de esta problemática, los costos del cuidado de la salud causados por aguas contaminadas representan tres mil millones de dólares anualmente a nivel mundial. Además, la Organización de Las Naciones Unidas (ONU), ha reportado que el agua contaminada causa el 80% de las enfermedades del mundo.

#### **7.5.1. Principales metales pesados y su efecto al medio ambiente:**

Dentro de los principales efectos que causan los metales de los hidrocarburos al suelo es la acumulación de los mismos en distintas concentraciones, de tal manera provoca un cierto desequilibrio que puede llegar a causar la pérdida de microorganismo benéficos y de algunos compuestos naturales, se considera un mínimo de 10 metales pesados presentes en los hidrocarburos como los principales: mercurio (Hg), talio (Tl), arsénico (As), antimonio (Sb), níquel (Ni), cromo (Cr), cadmio (Cd), plomo (Pb), selenio (Se) y cobalto (Co), estos en distintas concentraciones (Iturbe *et al*, 2011).

De tal manera para esta investigación se seleccionó 2 metales pesados de toda la lista los cuales se detallan a continuación:

## **7.5.2. Plomo Pb:**

El plomo a dosis altas en el suelo este tiene a acumularse y no a degradarse, en el suelo por lo general al plomo se lo encuentra en estado natural en concentraciones bajas asimilado por los microorganismos presentes en el suelo, debido a las crecientes contaminaciones por hidrocarburos, el plomo tiende a saturar el suelo provocando que no se asimile. Llegando a producir alteraciones para el medio ambiente (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2007).

### **7.5.2.1. Características físicas y químicas:**

El plomo es el metal pesado más abundante en la naturaleza, tiene una densidad relativa o gravedad específica de 11,4 a 16°C., físicamente el plomo es de color azulado, se empaña para adquirir un color gris mate, es flexible, inelástico y se funde con facilidad. Su punto de fusión es de 327,4°C y el de ebullición es 1725°C.

Las valencias químicas normales son 2+ y 4+. Químicamente combinado con otros elementos forma compuestos con características únicas y altamente útiles, tiene la capacidad de formar muchas sales óxidos y compuestos. Es relativamente resistente al ataque de ácido sulfúrico y ácido clorhídrico, aunque se disuelve con lentitud en ácido nítrico y ante la presencia de bases nitrogenadas (Gutiérrez & Izquierdo, 2004).

### **7.5.2.2. Fuentes generadoras de plomo:**

La galena (sulfuro de plomo) es el mineral dominante de plomo. El uso más amplio de plomo, como tal se encuentra en la fabricación de acumuladores. Otras aplicaciones importantes son la fabricación de tetraetilo de plomo, forros para cables, elementos de construcción, pigmentos, soldadura suave, municiones, plomadas de pesca y también en la fabricación de algunos juguetes.

El plomo tiene un amplio uso en la construcción en particular en la industria química ya que es resistente al ataque por parte de muchos ácidos por las bases nitrogenadas, como consecuencia de esta característica ventajosa, el plomo se utiliza mucho en la fabricación y manejo del ácido sulfúrico, ácido nítrico, ciertos elementos halógenos y vapor de azufre (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2007).

### **7.5.3. Cadmio Cd:**

Este tipo de metal tiene características peligrosas dependiendo al grado de concentración en el que este se encuentre. Debido a su facilidad de permanecer en el suelo por varios años este tiende a modificar la estructura del suelo.

También a acumularse en ciertas plantas mediante la absorción, pero sus sistemas radiculares no toleran la contaminación y tienden a morir (Agencia Para Sustancias Tóxicas y el Registro de enfermedades, 2014).

#### **7.5.3.1. Características físicas y químicas**

Elemento químico relativamente raro, símbolo Cd, número atómico 48 tiene relación estrecha con el zinc, con el que se encuentra asociado en la naturaleza. Es un metal dúctil de color blanco argentino con un ligero matiz azulado. Más blando y maleable que el zinc, pero poco más duro que el estaño. Peso atómico de 112.40 y densidad relativa de 8.65 a 20°C. Su punto de fusión de 320.9°C y de ebullición de 765°C son superiores al zinc (Cavallaro, 2003).

#### **7.5.3.2. Fuentes generadoras de Cadmio**

Fuentes naturales: el cadmio es un elemento que forma parte de la corteza terrestre como un metal blando y de un brillo parecido al de la plata, pero esta forma no es muy común hallarlo en el ambiente. Se ve

más a menudo combinado con otros elementos formando compuestos sólidos, estables que no se evaporan y que pueden encontrarse en el material particulado.

Fuentes antrópicas: Galvanotecnia como catalizador en la fabricación de esmaltes y en sintonización se usa óxido de cadmio. Fabricación de electrodos negativos de baterías de Níquel – Cadmio, pilas y galvanotecnia se usa hidróxido de cadmio (Agencia Para Sustancias Tóxicas y el Registro de enfermedades, 2014).

#### **7.5.4. Fuentes naturales y antropogénicas de Plomo y Cadmio en el Ecuador**

El Ecuador a medida que ha sido industrializado, también se ha ido contaminando a tal punto de llegar a sobrepasar los límites permisibles haciendo que contaminantes como los metales pesados se bioacumulen y biomagnifiquen a lo largo de las cadenas alimenticias. Las principales fuentes de contaminación con plomo y cadmio son:

##### **a) Plomo:**

- Fundición de metales (placas de baterías y residuos de plomo)
- Cerámica vidriada
- Fabricación de pinturas
- Industria electrónica y de cómputo
- Cristal
- Plásticos
- Pilas

##### **b) Cadmio:**

- Baterías, pilas
- Pigmentos y estabilización de plásticos y PVC

- Pigmentos y pinturas
- Galvanización
- Catalizadores y conservadores en la industria del plástico
- Aleaciones (Garzón, 2006 & Alsogaray, 2009).

#### **7.5.4.1. Plomo en Ecuador**

La mayor incidencia de plomo en aguas ecuatorianas se da en regiones donde se encuentran industrias mineras, como en el caso de las provincias de El Oro, Loja Y Zamora Chinchipe. Los ríos de estas regiones presentan altas cantidades de plomo debido principalmente a que las industrias mineras depositan las colas de cianuración en las microcuencas de dichas regiones (Garzón, 2006).

#### **7.5.4.2. Cadmio en el Ecuador**

En el río Guayas (Daule – Babahoyo), constituye la principal fuente de introducción de contaminación en el Golfo de Guayaquil introduce una cantidad equivalente al 75% de todas las descargas domésticas e industriales que se realizan en el litoral.

Igualmente, el río Teatone recibe cerca de 3 millones de metros cúbicos por año de efluentes de la actividad petroquímica, ubicada cerca de la ciudad de Esmeraldas, capta desechos domésticos e industriales y del cultivo del camarón y en la región sierra, el río Machangara de la ciudad de Quito.

Todos estos ríos reciben descargas de cadmio por encima del límite permitido siendo estos una fuente importante de contaminación y peligro para la salud humana, animal y ambiental (Escobar, 2002).

#### **7.6. Fito-remediación:**

Es la aplicación de plantas capaces de sobrevivir y adaptarse a medio contaminados, su función es eliminar algunos elementos y compuestos presentes en suelos contaminados por hidrocarburos, los usos

de ciertas plantas en estos medios tienen la facilidad de extraer los contaminantes (Delgadillo *et al*, 2011).

### **7.6.1. Capacidad de Fito-remediación:**

Las plantas tienen la capacidad de absorber ciertos contaminantes en función de distintos procesos de acumulación que estas pueden desarrollar, cabe destacar que estos procesos dependerán de la calidad y resistencia de las plantas que se vaya a utilizar.

### **7.6.2. Mecanismos de Fito-remediación:**

#### **7.6.2.1. Fito-estabilización:**

Permite el uso de plantas capaces de transformar los metales pesados a largo plazo en elementos de menor grado de peligrosidad para el suelo, también tiende a estabilizar estos contaminantes (Santibáñez, 2013).

#### **7.6.2.2. Fito-extracción:**

También conocida como Fitoacumulación este proceso empieza particularmente por la captación de los metales pesados, esto se lleva a cabo principalmente por la raíz debido a que esta es la vía de ingreso de cualquier contaminante, primordialmente estos se distribuyen y se almacenan en algunas partes de la planta (Ortiz *et al*, 2009).

#### **7.6.2.3. Fito-volatilización:**

Es un proceso en que las plantas captan los metales pesados y estas tienen a alterarlos o modificarlos dentro del interior de la misma para luego estos ser expulsados a través de las hojas a la atmósfera por medio de la transpiración de la planta (Lumelli, 2010).

#### **7.6.2.4. Fito-estimulación:**

Es el uso de plantas que ayudan a la estimulación de los microorganismos presentes en el suelo, con el principal objetivo de elevar la actividad microbiana para así facilitar la degradación de los contaminantes, por lo general estos microorganismos tienen una vinculación directa con la raíz.

#### **7.6.2.5. Fito-degradación:**

Asocia a las plantas con los microorganismos para dar origen a la degradación la planta tiende a liberar ciertas sustancias propias de ellas con grandes cantidades de carbono orgánico esto a ayuda a degradar los contaminantes en compuestos simples que serán asimilados por la planta para su crecimiento (Muñoz *et al*, 2010).

#### **7.6.2.6. Rizo-filtración:**

Tiene una similitud con la fitoextracción ya que estas tienden a absorber los contaminantes, en el caso de la rizo-filtración no se emplea las planta en el suelo, a estas se las tiende a cultiva median un sistema hidropónico dentro de un invernadero para desarrollar las raíces este método se utiliza para tratar aguas industriales (Muñoz *et al*, 2010).

#### **7.6.3. Fito-remediación ventaja y desventaja:**

Los usos de ciertas tecnologías para la remediación de suelos contaminados en particular van a tener mayores beneficios que otras dependiendo al costo que estas utilicen y también a los problemas de adaptación, en estudios ya realizados dan a conocer que la fitorremediación es una solución para la descontaminación de suelos con hidrocarburos, este método como todos va a tener sus limitaciones en el tiempo de recuperación (Muñoz, 2013).

#### **7.6.4. Fito-remediación de aguas residuales industrial y de uso agrícola:**

En los últimos años el tratamiento de aguas residuales por medio de estanques con plantas acuáticas ha despertado un gran interés, por el potencial que han presentado para la depuración de las mismas.

Algunos de estos sistemas han logrado proporcionar un tratamiento integral en donde no solamente se remueven eficientemente material orgánico y sólidos suspendidos, sino que también se logran reducir nutrientes, sales disueltas, metales pesados y patógenos (Zarela, 2012).

Se han estudiado distintas plantas acuáticas en sistemas de depuración de aguas residuales, algas u otras sumergidas, con vistas a explorar su posible valor, las así denominadas macrófitas acuáticas flotantes, la lenteja de agua o Lemna (*Lemna spp*), azolla (*Azolla spp*) y Jacinto acuático (*Eichhornia crassipes*) son del grupo de las plantas que con más intensidad se han estado evaluando en el trópico como posibles integrantes de sistemas de recirculación de nutrientes a través de su cultivo en estanques cargados con efluentes provenientes de biodigestores anaeróbicos, en lagunas, o simplemente colectadas en su medio natural (Zarela, 2012).

Biorremediadora es tener una alta tasa de crecimiento poblacional y una alta capacidad para extraer, acumular, transformar, degradar o volatilizar contaminantes (Kandawire & Gert-Dudel, 2007)

#### **7.7. Evaluación de especies acuáticas flotantes:**

Para la evaluación de las plantas acuáticas flotantes debemos tomar en cuenta los siguientes conceptos y características:

Las macrófitas acuáticas flotantes tienen la capacidad de doblar su biomasa en muy escasos días, y cuando se proporciona una fertilización adecuada, sus rendimientos son considerables. Existen distintos estimados de rendimiento de estas plantas, cuando se cultivan experimentalmente. Sin embargo, en

condiciones de vida cotidiana, en el Lejano Oriente, es común el cultivo de estas plantas. (Melato & Mokgalaka, 2016)

Otras dos variables son el clima y el tipo de efluente utilizado, estos son aspectos que varían la capacidad de remoción. La temperatura más baja reduce la eficiencia en la capacidad de absorción de nutrientes como el fósforo y el nitrógeno por plantas acuáticas.

Generalmente estas plantas acuáticas crecen favorablemente sobre una zona sin movimiento, libre de competidores como algas, insectos y enfermedades. Las floraciones de algas compiten por nutrientes y provocan un cambio en la circulación del agua, en pH, turbidez, OD. La absorción por estas especies puede variar gradualmente a través de la solución nutritiva dependiendo de la concentración de nutrientes en el medio hasta el 3er y/o 8vo día de crecimiento (Zarela, 2012).

#### **7.7.1. Especies acuáticas flotantes:**

Las especies acuáticas son aquellas que pueden crecer bajo el agua. Las plantas acuáticas son muy variables, desde algas unicelulares hasta organismos complejos en los que cada parte hojas, tallo, flores, etc., han evolucionado para realizar una función que contribuya a la supervivencia (GestAcuarios, s/f).

Las plantas acuáticas son aquellas que requieren una gran cantidad de agua en sus raíces para vivir, crecen en medios muy húmedos y completamente inundados, básicamente tienen los mismos requerimientos nutricionales de las plantas terrestres (Zarela, 2012).

Las plantas acuáticas flotantes son aquellas que crecen sobre la superficie del agua (sin sustrato) flotando. Se reproducen con mucha facilidad y en períodos muy cortos. Son sensibles al frío y a las heladas, por lo que, en zonas de clima frío, se recomienda tenerlas en un invernadero con una excelente luz y en lo posible sol. Son especies que necesitan de pleno sol o media sombra ligera.

Las plantas acuáticas flotantes se subdividen en:

Plantas de libre flotación (no fijas): sus tallos y hojas se desarrollan sobre la superficie del agua. Sin embargo, sus raíces no están fijas en ningún sustrato y cuelgan en la columna de agua. Sus estructuras vegetativas y reproductivas se mantienen emergentes (Núñez *et al*, 2004).

## 8. METODOLOGÍA

### 8.1. Diseño experimental.

#### 8.1.1. Preparación del terreno:

Para llevar a cabo la siembra hidropónica de las plantas de *V. zizanioides* (vetiver) se eligió un sitio que esté cerca a los focos de contaminación y de fácil ingreso. Así pues, se llevó a cabo en el predio de la señora Rud Peralta que se encuentra ubicado a 10 km de la panamericana Salcedo Ambato junto a la quinta El Rosario, ya que este terreno cumple los requerimientos y además esta familia forma parte del programa Canastas agroecológicas, en colaboración con el Honorable Consejo Provincial de Tungurahua, el cual también colabora con nuestro proyecto.

En primera instancia se seleccionó el sitio que se encuentra cerca al reservorio de agua del predio y tenga conexiones de energía eléctrica por la facilidad de conexión de las bombas de agua. Se procedió a igualar el terreno dejándole libre de malezas y listo para la instalación de los tanques y bombas para realizar el diseño experimental con 100 plantas de vetiver, 50 plantas de vetiver y el testigo sin plantas cada uno con 3 réplicas por tratamientos a los mismos que se codificó como T (testigo), V50 (50 plantas vetiver) y V100 (100 plantas de vetiver) como observamos en la **Tabla 1**.

**Tabla 1. Diseño experimental**

Tratamiento	Código	N° Plantas	N° Replicas	Litros de agua
Testigo	T	0	3	100
Tratamiento 1	V50	50	3	100
Tratamiento 2	V100	100	3	100

**Elaborado por:** Janeth Cuji (2017)

### 8.1.2. Preparación de tanques:

Se adquirieron tanques plásticos con capacidad de 100 litros, a los cuales se acoplo un sistema de recirculación de agua mediante dos 2 bombas de ½ HP (figura 2), se acondicionó durante un periodo de 15 días.

**Figura 2. Sistema de recirculación de agua.**



**Elaborado por:** Janeth Cuji (2017)

### 8.2. Siembra de especie *V. zizanioides*

Para llevar a cabo la siembra se tomaron en cuenta las observaciones y criterios de técnicos conocedores de la siembra hidropónica que se utilizó en esta investigación. **(Figura 3)**

**Figura 3.Siembra Hidropónica**



**Elaborado por:** Janeth Cuji (2017)

### **8.2.1. Método de siembra hidropónica:**

1.- En las planchas de espuma se realizaron orificios con una distancia de 3cm para las 100 plantas y 5cm para la siembra de 50 plantas como se demuestra en la **figura 4**.

**Figura 4.Preparación de planchas de espuma Flex**



**Elaborado por:** Janeth Cuji (2017)

2.- Una vez hechos los orificios se procedió a la siembra de los esquejes en las planchas tras lo cual se pusieron sobre los tanques de agua contaminada, como se observa en la **figura 5**.

**Figura 5. Preparación y siembra de esquejes de *V. zizanioides***



**Elaborado por:** Janeth Cuji (2017)

3.- Una vez puestas en los tanques las planchas con los esquejes de las plantas estas sufren un deterioro y se necesita un tiempo de 15 a 20 días para que se adapten y rebroten en el cultivo hidropónico.

## **8.2.2. Materiales**

### **8.2.2.1. Materiales de Campo.**

- ✓ Cinta métrica
- ✓ Azadón
- ✓ Tanques plásticos
- ✓ Malla
- ✓ Estacas
- ✓ Mangueras de PVC
- ✓ Bombas de agua de ½ Hp
- ✓ Planchas de espuma Flex
- ✓ Guantes
- ✓ Esquejes de *V. zizanioides*

### 8.3. Sitio de Estudio.

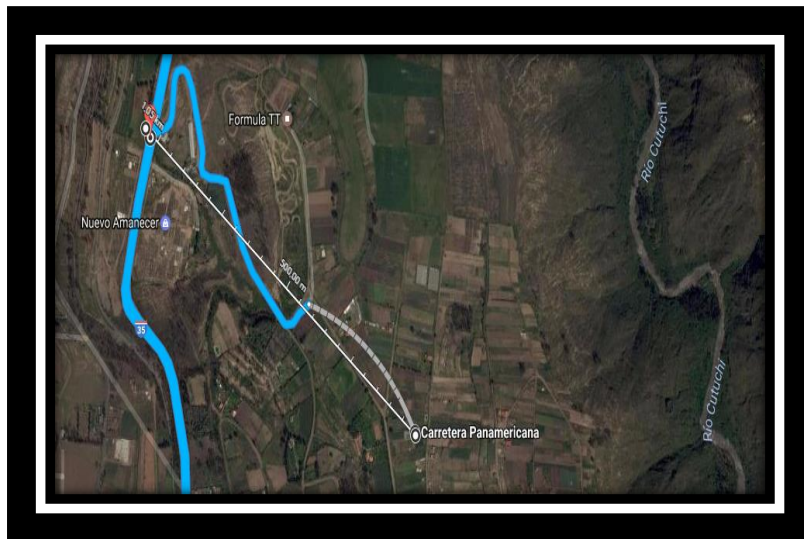
El proyecto de investigación está ubicado a 1.05 kilómetros de la Panamericana Salcedo – Ambato como observamos en la **figura 6**, en las coordenadas que se describen en la **tabla 2**, en el sector Samanga, Barrio san Jorge perteneciente al cantón Ambato.

**Tabla 2. Coordenadas**

LATITUD	1°10'29.4"S
LONGITUD	78°34'47.1"W
ALTITUD	141 msnm

Elaborado por: Cuji Janeth (2017)

**Figura 6. Ubicación Geográfica del lugar de la siembra**



Fuente: GOOGLE EARTH (2017)

### 8.4. Delimitación del área de estudio.

El sitio de siembra Hidropónica ocupa un espacio de 10 metros de largo por 10 metros de ancho, para esto se emplearon tanques de capacidad de 100 litros manteniendo una distancia de 3 metros entre cada

uno de ellos como se muestra en la **figura 7**. Este sistema se implementó con una red de recirculación de agua.

**Figura 7. Delimitación del área de siembra**



**Fuente:** GOOGLE EARTH (2017)

### **8.5. Muestreo de agua:**

El respectivo muestreo se realizó basado en el protocolo de las Normas INEN (toma de muestras de Agua potable) que se basa en tomar las muestras en frasco de vidrio y llevar a cabo un triple lavado del frasco como se muestra en el **Anexo 5**. Las muestras se tomaron en tres tiempos la primera antes de llevar a cabo la siembra hidropónica, la segunda a los 60 días después de la siembra, y por último a los 120 días. Todas las muestras se tomaron con el mismo procedimiento, para su respectivo análisis de plomo y cadmio en el laboratorio de Análisis Instrumental (UODIDE – ICIA, Proyecto Canje de Deuda). Ecuador – España.

#### **8.5.1. Materiales para la obtención muestras:**

- ✓ Frascos de vidrio
- ✓ Guantes
- ✓ Etiquetas
- ✓ Marcador indeleble

### 8.5.2. Etiquetado de muestras:

Se etiquetaron las muestras dándoles un código de acuerdo con el número de tanque y de plantas de la especie *V. zizanioides* de la siguiente forma: testigo (sin plantas), V50 (50 plantas), V100 (100 plantas) como se puede observar en el **Anexo 5**.

### 8.5.3. Traslado de las muestras al laboratorio.

- 1) Asegurar que los recipientes estén bien tapados.
- 2) Verificar que cada muestra tenga su respectiva codificación.
- 3) Junto a las muestras se llevará la libreta de campo con fecha y hora de recolección de muestras.
- 4) El tiempo de transporte de las muestras fue en el lapso de 1 hora.
- 5) Análisis en los laboratorios de Canje de Deuda de acuerdo al protocolo respectivo.

### 8.6. Parámetros de análisis mediante métodos analíticos del Laboratorio.

Los parámetros que se analizaron fueron dos metales, Plomo (Pb) y Cadmio (Cd) de acuerdo con la petición del Honorable Consejo Provincial de Tungurahua, para ello se utilizó un Espectrofotómetro de Absorción Atómica con horno de grafito marca PG INSTRUMENT – AA500 como se muestra en la figura

**Figura 8. Espectrofotómetro con horno de grafito**



**Elaborado por:** Janeth Cuji (2017)

## 8.6.1. Preparación de estándar

### 8.6.1.1. Elaboración de la curva de calibración

Para la obtención de la curva de calibración para cadmio (Cd) y plomo (Pb), se utilizaron patrones comerciales de 1000 mg/L PGINSTRUMENT. Se prepararán soluciones de estos metales en balones de 100 mL, aforando con HNO<sub>3</sub> al 1%, y obteniéndose una concentración de 10000 ng/mL para plomo y 100 ng/mL para cadmio. Estas soluciones de cadmio y plomo se rotularán como “solución madre”. De la solución madre se midieron diferentes alícuotas para preparar patrones de ambos metales que cubran un intervalo de 0,00 – 125 ng/mL para plomo y de 0,00 – 5,00 ng/mL para cadmio. Se prepararon también un blanco de HNO<sub>3</sub> al 1% con agua Tipo I. La curva de calibración fue leída cada vez que se analizaron las muestras. (Ver **anexo 6**)

### 8.6.1.2. Análisis de cadmio y plomo por absorción atómica con horno de grafito

Se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica equipado con un atomizador de horno de grafito PG-INSTRUMENT – AA500 para determinar los metales pesados de interés. Para ello se necesitará el conocimiento de las siguientes tablas donde se reportan los parámetros para análisis.

**Cuadro 6. Condiciones Instrumentales para la lectura de plomo y cadmio en el equipo**

PARÁMETROS DE ANÁLISIS	PLOMO	CADMIO
Línea analítica	283,3 nm	228,8 nm
Banda ancha	0,4 nm	0,4 nm
Factor de filtro	0,1	0,1
Corriente de la lámpara	3,0 ma	5,0 ma
Tiempo de integración	3,0 sec	3,0 sec
Fondo/ambiente	Ninguno	D2
Tipo de grafito	Plataforma recubierta	Plataforma recubierta
Tamaño de la muestra	10 µl	10 µl
Acidez	0,1% Nítrico	0,1% Nítrico
Rango de trabajo	1 – 100 ng/ml	0,1 – 6 ng/ml

Tomado del Manual de Usuario del Equipo de Absorción Atómica (PG, n.d.), PG, I. (n.d.). Atomic absorption spectrometer AA500 (Retrieved from [www.pginstruments.com](http://www.pginstruments.com)).

Las muestras de agua, se seguirá la metodología detallada por Hadiani *et al*, (2015) con posibles modificaciones. Las muestras de agua serán acidificadas con ácido nítrico ( $1\text{mL L}^{-1}$ ) y se trabajará con un pH menor a 2 para luego ser inyectadas directamente en el equipo.

### 8.6.2. Preparación del estándar (plomo, cadmio)

1.- los patrones fueron preparados a partir de estándares acuosos de  $1000\text{mg/l}$ . fueron realizadas las diluciones adecuadas para llevar las concentración al intervalo de trabajo.

#### Figura 9. Inyección de muestra



Elaborado por: Janeth Cuji (2017)

### 8.6.3. Cuantificación de la remoción de plomo y cadmio por la especie vetiver (*Vetiveria zizanoide*).

Se calculó la remoción tomando una muestra de agua de cada tanque cada dos meses las mismas que luego de inyectarlas en el horno de grafito, se realizó tres inyecciones por muestra para luego sacar un promedio de las mismas y conocer la remoción de metal en los dos tiempos 60 días y 120 días utilizando las siguientes formulas (Marcovecchio & Moreno, 1991).

Utilizando la siguiente fórmula:

FORMULAS :
$P.\text{ml/L} = T1 - T0$
$\% \text{ Remoción} = \text{mg/L} * 100 / P.T0$
$\% \text{ Presente} = 100 - \% \text{ remoción}$

Dónde:

- P.ml/l: Promedio de concentración del elemento en el agua.
- T0: Tiempo inicial (antes de la siembra)
- T1: Tiempo uno (60 días después de la siembra)
- P.T0: Promedio de concentración en ml/L en el tiempo inicial

### 8.7. Dinámica de crecimiento.

Se llevó a cabo un monitoreo continuo midiendo el crecimiento de la raíz y de las hojas cada 15 días. Para ello se seleccionaron 20 plantas por al azar de cada tratamiento tanto en V5 (50 plantas de vetiver) y V100 (100 plantas de vetiver los mismos que nos ayudara a determinar la capacidad de crecimiento en aguas contaminadas del canal de riego.

**Figura 10. Mediciones de hojas y raíz**



Elaborado por: Janeth Cuji.

## 8.8. Análisis Estadístico

El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando el software Past 3.14. Para evaluar las diferencias entre los tratamientos se empleó un test no paramétrico debido al número de muestras por tratamiento (N=3). En la evaluación de las diferencias en el crecimiento de las plantas y en las diferencias de disminución de los metales se utilizó una Prueba no paramétrica de la mediana de MOOD'S.

## 9. ANALISIS DE RESULTADOS:

### 9.1. Revisión bibliográfica:

La Universidad Técnica de Ambato en colaboración con el bienestar de la sociedad se encuentra realizando múltiples estudios para mejorar la calidad del líquido vital que es el agua en toda la provincia de Tungurahua es por eso que para realizar nuestro proyecto se tomó en cuenta los siguientes trabajos de investigación:

#### 9.1.1. Caso 1

La investigación efectuada sobre: “Fitorremediación de las aguas del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato mediante humedales vegetales a nivel de Prototipo de campo. Salcedo-Cotopaxi”. Pozo & Velasteguí., (2012), nos da una pauta fundamental en nuestra investigación ya que el presente trabajo de investigación tuvo como propósito fundamental evaluar el comportamiento, por separado, de un humedal con la especie vegetal “lechuguín” (*Eichhornia crassipes*) y un humedal con la especie vegetal “carrizo” (*Arundo donax*) para descontaminar las aguas del canal de riego agrícola Latacunga-Salcedo-Ambato. Estas aguas reciben efluentes de aguas servidas, fábricas, establos, hospitales, mataderos y explotaciones agropecuarias, sin ningún tratamiento previo, por lo que las concentraciones de contaminantes en su mayoría están fuera de los valores límite permisibles, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS). Entre los valores más significativos están los de Coliformes Fecales y Coliformes Totales lo que plantea un serio riesgo para la salud pública a través de los alimentos que son producidos y lavados en las áreas agrícolas. Cada humedal vegetal tenía dimensiones de altura: 0.80 m.; ancho: 1.60 m.; longitud: 4.00 m., para un volumen total de 5.12 m<sup>3</sup>. Los

factores en estudio fueron el “lechuguín” y el “carrizo” como especies vegetales y 0, 2 y 4 días como tiempos de retención de las aguas en cada humedal. Los parámetros analíticos evaluados fueron: Turbidez; pH; Conductividad Eléctrica; Sólidos suspendidos totales; Sólidos Sedimentables; Dureza total; Sulfatos; Nitratos; Amonio; DBO5; DQO; Coliformes fecales; Coliformes totales; Materia orgánica. En el análisis de validación final se consideró además Cromo hexavalente y Plomo.

**Cuadro 7. Resumen de resultados de parámetros analíticos del agua**

Parámetros	Unidades	Métodos Normas	Resultado	Resultado	Resultado	Límite Permisible
			0 días	2 días	4 días	
Turbiedad	UTM	APHA21305	2,13	10,17	9,22	
Potencial Hidrogeno	-	APHA4500H+	8,08	8,48	8,76	5-9
Conductividad Eléctrica	Us/cm	APHA2510	705	698	878	-
Solidos Suspendidos totales	mg/L	APHA2540D	<50	<50	<50	100
Dureza Total	mg/L	APHA2340C	240	334	335	
Sulfatos	mg/L	APHA4500SO42-E	26	28	32	1000
Nitratos	mg/L	APHA4500-NO <sub>3</sub> -E	1,5	1,4	1,8	
Amonio	mg/L	EPA Water Water N°350.2,197	0,42	0,24	0,85	
DBOS	mg/L	APHA5210B	20	10	8	100
DQO	mg/L	APHA5220D	35	41	35	250
Coliformes Fecales	UCF /100 ml	APHA9222D,221	400000	5700	500	2500
Coliformes Totales	UCF/ 100 ml	APHA 92229221	>1X10 <sup>6</sup>	90000	20000	50000
Materia Orgánica		Oxidación Humeda/Walk ley	16	23	20	-

**Fuente:** Revista científica Pozo & Velasteguí

En el análisis de validación final se registraron también resultados de 0.016 mg/l de Cromo hexavalente siendo 0.5 mg/l el valor límite permisible y de <0.3 mg/l de Plomo siendo 0.2 mg/l el valor límite permisible.

### **9.1.2. Caso 2**

En investigación efectuada sobre: “Determinación de cadmio y plomo por espectroscopia de absorción atómica con horno de grafito en pastos del cantón Quero afectados por las cenizas del volcán Tungurahua”, Romero C., (2017), manifiesta que los diferentes periodos de activación del proceso eruptivo del volcán Tungurahua, han afectado a diversas localidades de la provincia, no solo a la producción agrícola de los pequeños productores, sino además a la salud de los pobladores de la zona. En este sentido, el presente proyecto de investigación tuvo por objeto el estudio de la presencia de cadmio y plomo, elementos químicos de naturaleza tóxica para el ser humano, que además producen contaminación ambiental, productos de la ceniza volcánica. El estudio se llevó a cabo en los sectores de Guanto y Hualcanga de Santa Anita del cantón Quero, y la determinación se realizó en tres diferentes pastos (vicia, alfalfa y pasto azul) que se cultivan de forma tradicional en los sectores antes mencionados.

El análisis de metales en los pastos indica que existe la presencia de plomo y cadmio, sin embargo, la mayoría de los valores obtenidos se encuentra dentro de los límites definidos en la norma de la Unión Europea (2017) que establece valores de 0,20 mg de plomo/kg y de 0,10 mg de cadmio/kg peso fresco en hortalizas.

El análisis estadístico para evaluar los distintos tratamientos se realizó por medio del estudio de varianza (ANOVA), y se aplicó la prueba de Tukey, con un nivel de confianza de 95% para determinar si las medias difieren significativamente entre sí. El programa estadístico utilizado fue Statgraphics, el cual nos permitió determinar que sí existe diferencia significativa entre los sectores de Guanto y Hualcanga de Santa Anita, entre los forrajes) y para el tratamiento aplicado (lavado y sin lavar), mientras que las mediciones realizadas por quintuplicado para ambos metales (cadmio y plomo) no difieren entre sí.

**Cuadro 8. Concentración de Pb y Cd en suelo, agua y leche de los sectores analizados del cantón Quero**

SECTORES	FORRAJES	[Pb] (mgPb/kg ms)	[Pb] (mgPb/kgmh)	[Cd] (mgCd/kgms)	[Cd] (mgCd/kgmh)
<b>Guanto</b>	<b>Suelo</b>	1,589 ± 0,516	1,272 ± 0,413	0,260 ± 0,114	0,208 ± 0,091
	<b>Agua</b>	0,137 ± 0,010	-	0,012 ± 0,001	-
	<b>Leche</b>	0,453 ± 0,020	0,066 ± 0,003	0,002 ± 0,0005	0,0002 ± 0,000
<b>Hualcanga</b>	<b>Suelo</b>	0,382 ± 0,107	0,315 ± 0,088	0,062 ± 0,011	0,051 ± 0,009
	<b>Agua</b>	0,234 ± 0,046	-	0,009 ± 0,0005	-
	<b>Leche</b>	0,467 ± 0,023	0,067 ± 0,003	0,002 ± 0,0005	0,0003 ± 0,000

**Fuente.** Revista científica Romero C., (2017)

En lo referente a los valores obtenidos en la medición de plomo y cadmio en muestras de agua de riego de ambos sectores indican que existe una mayor contaminación por plomo en el sector de Hualcanga y una mayor contaminación por cadmio en el sector de Guanto, encontrándose la concentración de éste último elemento (Cd) fuera de los límites aceptables según TULSMA & Constitución de la República (2015), donde el valor indicado por la norma es de 0,005 mg/L para cadmio y un valor de 5,0 mg/L para plomo.

## **9.2. Determinación del grado inicial de contaminación del agua por metales.**

Para llevar a cabo los análisis de metales se efectuó en un Espectrofotómetro de Absorción Atómica con detector de horno de grafito marca PG Instruments, en lo cual se realizaron 2 inyecciones de cada muestra las mismas que fueron codificadas de la siguiente manera testigo 001, 002, 003 (T), 50 plantas de vetiver 004, 005, 006 (V50) y para 100 plantas de vetiver 007, 008, 009 (V100) esta codificación nos ayuda para efectuar de mejor manera cada una de las inyecciones (ver tabla 3).

**Tabla 3. Descripción de tratamientos**

<b>N° Tanque</b>	<b>Descripción de tratamiento</b>
001 (T)	Tanque 1 del Testigo
002 (T)	Tanque 2 del testigo
003 (T)	Tanque 3 del testigo
004 (V50)	Tanque 1 de 50 plantas de vetiver
005 (V50)	Tanque 2 de 50 plantas de vetiver
006 (V50)	Tanque 3 de 50 plantas de vetiver
007 (V100)	Tanque 1 de 100 plantas de vetiver
008 (V100)	Tanque 2 de 100 plantas de vetiver
009 (V100)	Tanque 3 de 100 plantas de vetiver

Elaborado por: Janeth Cuji

Los tanques se llenaron completamente con agua directamente del canal de riego. Se realizó el análisis del agua de metales pesados antes de la siembra de las plantas. Los resultados obtenidos para cada tanque se muestran en la **tabla 4**.

**Tabla 4. Resultados de los análisis a tiempo 0**

N°  Tanque	Cantidad de contaminante expresado en mg/l	
	Cadmio (mg/L)	Plomo (mg/L)
001 (T)	0,0024	0,0169
002	0,0024	0,0171
003	0,0026	0,0163
004 (V50)	0,0019	0,0077
005	0,0019	0,0095
006	0,0021	0,0090
007 (V100)	0,0018	0,0110
008	0,0016	0,0092
009	0,0016	0,0121

**Elaborado por:** Janeth Cuji (2017)

Se calcularon los valores promedio de tres replicas, los cuales se muestran en la tabla 5. Los resultados de los análisis de metales en el agua indican diferencias de medidas lo cual podría deberse a la variación en la hora a la que fueron llenados cada uno de los tanques. Los testigos fueron llenados desde las 11:00 hasta las 12:30, los de V50 de las 9:30 hasta las 10:30 y los V100 fueron llenados de 8:00 hasta las 9:00. Las muestras que fueron tomadas a las 11:00 hasta las 12:30 tienen una carga de metales alta lo que se deduce que podría deberse a que a esa hora hay mayor descarga de contaminantes de las fábricas, florícolas e incluso descargas de los hogares aledaños.

**Tabla 5. Media estadística y error estándar de la cantidad de metales en los tanques de cada tratamiento. T: testigo; V50: tanque 50 plantas; V100: tanque 100 plantas)**

Tratamiento	Cantidad de contaminante expresado en mg/l		
	Hora	Cadmio	Plomo
T	11:00-12:30	0,0025±0,0001	0,0168 ± 0,0004
V50	9:30-10:30	0,0020±0,0001	0,0088 ± 0,0009
V100	8:00-9:00	0,0017±0,0001	0,0108 ± 0,0014
± = error estándar			

**Elaborado por:** Janeth Cuji (2017)

**9.2.1. Comparación de resultados con la Normativa Ecuatoriana Vigente para Uso Agrícola:**

Una vez analizados los resultados y comparados con la **tabla 4** de parámetros de límite permisible para agua de uso agrícola del TULAS, se determinó que el cadmio y el plomo están dentro de los límites permisibles.

**Tabla 4. Comparación de resultados con la tabla de TULAS.**

N°	Parámetros	Unidades	Cantidad de contaminante	Limite permisible del agua de uso Agrícola*	Cumple
					No cumple
Testigo	Cadmio	Mg/l	0,0025±0,0001	0,01	Cumple
Testigo	Plomo	Mg/l	0,0168±0,0004	0,05	Cumple
V50	Cadmio	Mg/l	0,0020±0,0001	0,01	Cumple
V50	Plomo	Mg/l	0,0088±0,0025	0,05	Cumple
V100	Cadmio	Mg/l	0,0017±0,0001	0,01	Cumple
V100	Plomo	Mg/l	0,0108±0,0015	0,05	Cumple
N= 3 tanques por ensayo					
±= error estándar					

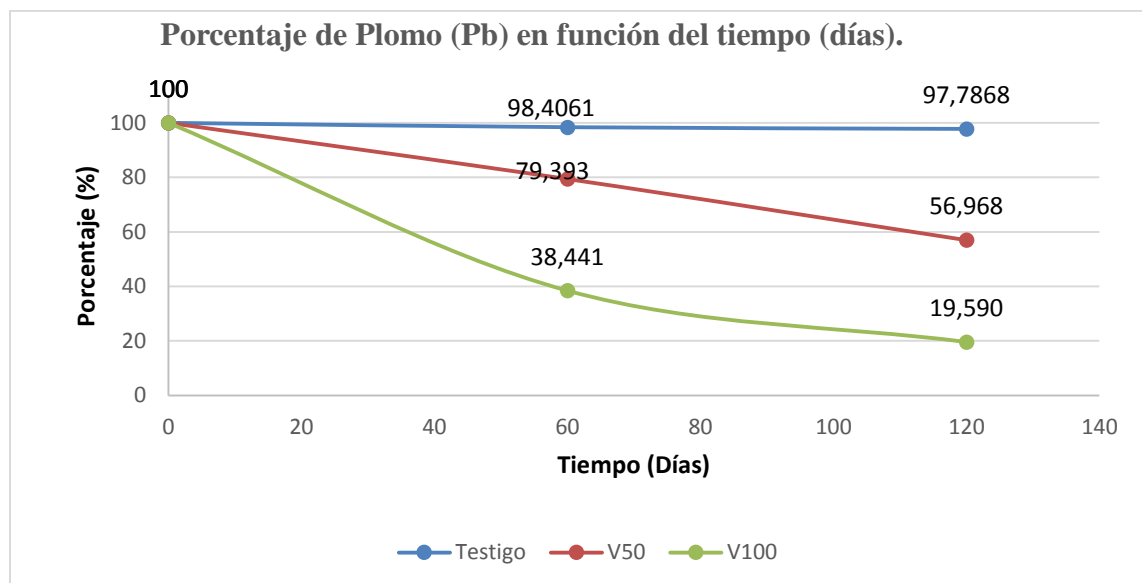
\* Los datos reportados corresponde al Informe del Texto Unificado de Legislación Ambiental colombiana. 2015. (TULAS). **Elaborado por:** Janeth Cuji (2017)

### 9.2.2. Porcentaje de disminución de la cantidad de metales.

Con los datos obtenidos de los tres tratamientos (sin plantas, 50 plantas y 100 plantas) en los tres tiempos de muestreo se realizó una curva de absorción se observar la disminución de la cantidad de plomo (Pb) en los distintos tratamientos que se muestra en el **gráfico 1**. La diferencia observada a los 60 días entre los tratamientos sin plantas y V50 no es significativa, en comparación con el tratamiento V100 mientras que a los 120 días el tratamiento V50 y V100 muestran mayor diferencia. Para demostrar que existen diferencias significativas se utilizó un test no paramétrico denominado mediana de MOOD'S.

Lugo de realizar el análisis estadístico con los datos obtenidos de los tres tratamientos nos demuestra que tienen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

**Gráfico 1. Porcentaje de remoción del Plomo de tres tratamientos en función del tiempo.**



**Elaborado por:** Janeth Cuji (2017)

En la **tabla 7** podemos observar el porcentaje de remoción del plomo a los 60 y 120 días con respecto al tiempo 0 en donde observamos que el testigo durante los dos tiempos de muestreo su disminución es del

2% a los 60 días, mientras que el tratamiento V50 y V100 con respecto al 100% que existía en el tiempo 0 a los 120 días bajo V50 = 43% y V100 = 80.4 % lo que nos demuestra que el *V. zizanioides* tuvo mayor absorbancia en donde existía mayor cantidad de plantas.

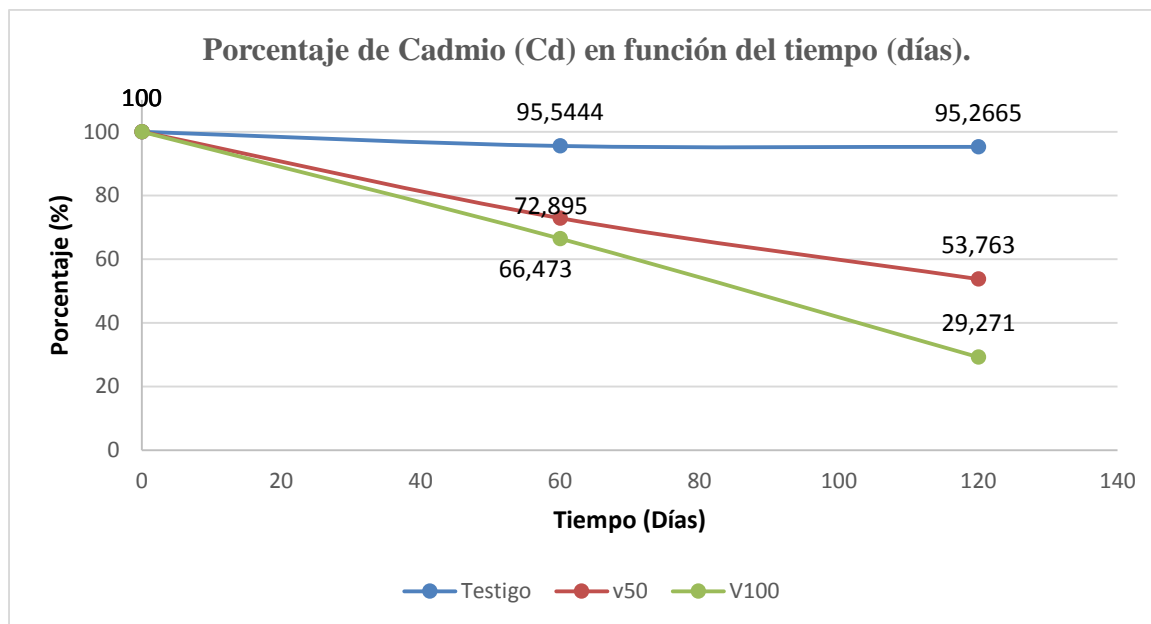
**Tabla 6. Variación de la cantidad del plomo respecto al inicio en los 2 tiempos de muestreo.**

PLOMO (Pb)						
	% Remoción a los 60 días			% Remoción a los 120 días		
CODIGO	mg/L	% Presente	% Remoción	mg/L	% presente	% Remoción
Testigo	0,0003	98,4061	1,5939	0,0004	97,7868	2,2132
V50	0,0018	79,3935	20,6065	0,0038	56,9680	43,0320
V100	0,0066	38,4413	61,5587	0,0086	19,5900	80,4100

**Elaborado por:** Janeth Cuji (2017)

De igual forma con los datos obtenidos durante de los tres tiempos ( 0 días, 60 días, 120 días) de muestreo se realizó una curva de disminución del cadmio Cd en el agua en los distintos tratamientos, en donde se puede observar que la disminución a las 60 días el tratamiento V50 y V100 no tienen mucha diferencia pero si se observa una diferencia en comparación con el testigo, mientras que a los 120 días se puede observar que existe diferencias en comparación con los tres tratamientos como se presenta a continuación en el **gráfico 2** en donde se toma referencia los días de muestreo con respecto al 100% de contaminación a los 120 días.

**Gráfico 2. Porcentaje de remoción de cadmio de tres tratamientos en función del tiempo.**



**Elaborado por:** Janeth Cuji (2017)

En la **tabla 8.** se presenta la remoción en el tiempo 60 días y 120 días con referencia al 100% existente en el tiempo 0 se observar que el testigo en los dos tiempos baja 4% mientras que en los tratamientos con plantas la disminución llega al 46.2% en V50 y 70.7% en V 100 lo cual indica que la planta tiene capacidad de absorción de los metales, además con mayor densidad de planta existe mayor absorción de metal, para lo cual se realizó un análisis estadístico en el Software Past 3.14 utilizando una prueba no paramétrica de la mediana de MOOD'S en la cual nos demuestra que  $P < 0,05$

**Tabla 7. Variación de la cantidad del cadmio respecto al inicio en los 2 tiempos de muestreo.**

CADMIO (Cd)						
CODIGO	% Remoción 60 días			% Remoción 120 días		
	Diferencia en mg/L	% presente	% Remoción	Diferencia en mg/L	% presente	% Remoción
Testigo	0,0001	95,5444	4,4556	0,0001	95,2665	4,7335
V50	0,0005	72,8950	27,1050	0,0009	53,7630	46,2370
V100	0,0006	66,4727	33,5273	0,0012	29,2714	70,7286

**Elaborado por:** Janeth Cuji (2017)

### 9.3. Dinámica De Crecimiento.

Para la dinámica del crecimiento se tomaron al azar 20 plantas del tratamiento V50 y 20 plantas del tratamiento V100, de las cuales se tomaron datos del desarrollo de la raíz y de las hojas cada quince días durante los 120 días que duró el desarrollo del proyecto.

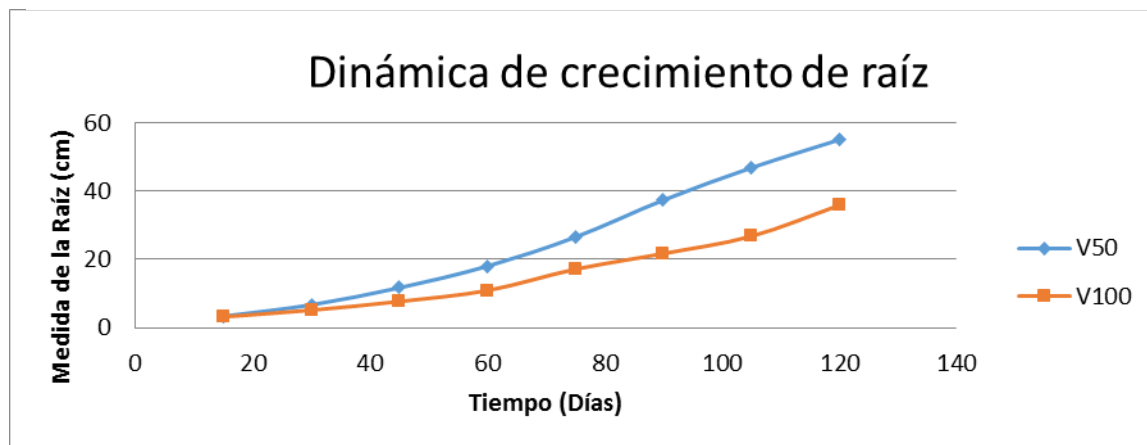
**Tabla 8. Promedios del crecimiento de la raíz cada 15 días.**

PROMEDIO DE LA RAIZ (cm)								
Tiempo (Días) / Trat.	15	30	45	60	75	90	105	120
V50	3,45cm	6,75cm	11,75cm	18,05cm	26,55cm	37,35cm	46,8cm	55cm
V100	3,26cm	5,21cm	7,74cm	10,95cm	17,16cm	21,74cm	26,79cm	35,84cm

**Elaborado por:** Janeth Cuji (2017)

En la tabla 9 se reporta el promedio de las mediciones de la raíz tanto en V50 y V100 las mismas que fueron tomadas en el lapso de 15 días durante los 6 meses que duro el proyecto, para conocer si existe diferencias significativas se realizó una análisis estadístico utilizando Past 3.14 con un test no paramétrico de MOOD’S mismo que nos indica que  $P < 0,5$ .

**Gráfico 3. Dinámica de crecimiento de la raíz con periodos de 15 días en un tiempo de 6 meses de los ensayos: V50 (50 plantas de vetiver) y V100 (100 plantas de vetiver).**



**Elaborado por:** Janeth Cuji (2017)

Se observa que el desarrollo de la raíz de las plantas del tratamiento V50 es más mayor que el de V100, lo que indica que la densidad de plantas es un factor influyente para su crecimiento, a mayor densidad menor crecimiento de la raíz para conocer si existe diferencias significativas se realizó un análisis estadístico utilizando Past 3.14 con un test no paramétrico de MOOD'S mismo que nos indica que  $P < 0,05$ .

En la tabla 10 se presenta un promedio del crecimiento en las hojas de vetiver en los dos tratamientos durante los 120 días. Los datos fueron tomados cada 15 días tanto en la raíz y en las hojas.

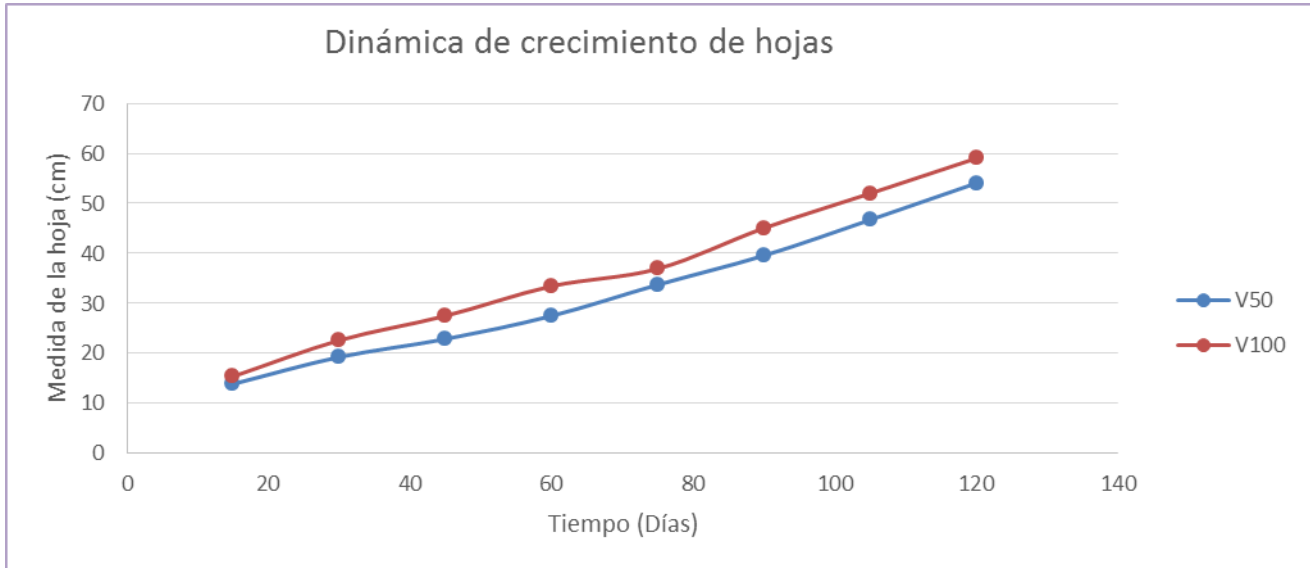
**Tabla 9. Promedio del desarrollo de la hoja.**

CRECIMIENTO DE LA HOJA								
DIAS	15	30	45	60	75	90	105	120
Tratamientos								
V50	13,8cm	19,2cm	22,8cm	27,45cm	33,7cm	39,55cm	46,7c m	54,05cm
V100	15,3cm	22,55cm	27,45cm	33,4cm	36,9cm	45,05cm	52	59,05cm

**Elaborado por:** Janeth Cuji (2017)

En el **gráfico 4** observamos el desarrollo de la hoja con las medidas tomadas cada 15 días, desde la siembra inicial hasta los 120 días.

**Gráfico 4. Dinámica de crecimiento de la hoja con periodos de 15 días en un tiempo de 6 meses de los ensayos: V50 (50 plantas de vetiver) y V100 (100 plantas de vetiver).**



**Elaborado por:** Janeth Cuji (2017)

En el gráfico 4 presentado se observa una leve diferenciación de crecimiento de las hojas entre V100 y V50 la de mayor densidad es la que mejor se ha desarrollado, por la competencia entre planta y planta por iluminación.

#### 9.4. Discusión de Resultados

El presente trabajo investigativo muestra que la planta vetiver tiene una capacidad de absorción significativa que luego de realizar el respectivo análisis estadístico nos demuestra que existen diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) que al comparar con estudios realizados por **Reza et al, 2016.**, se puede decir que el vetiver si tiene una capacidad de absorción de metales, además que se puede adaptar a cualquier situación climática.

La investigación realizada demuestra lo contrario de la investigación hecha por (**Gomes et al, 2014**) el cual plantea que el vetiver no es tan eficaz como algunas otras especies en la remoción de metales pesados, ya que en este caso el vetiver si removió el metal presente en el agua, mientras que por otra parte muy pocas plantas en la literatura tienen una amplia gama de tolerancia a condiciones

extremadamente adversas del clima y el medio de cultivo (suelo, arena y desechos) combinadas en una sola planta como vetiver. Todas estas características especiales hacen que al vetiver una planta de elección para la fitorremediación de metales pesados y residuos orgánicos.

## **10. IMPACTOS (TÉCNICO, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)**

### **Técnicos:**

- ✓ La siembra hidropónica es una técnica que se puede implementar con facilidad ya que no necesita de amplios espacios.

### **Sociales:**

- ✓ La biorremediación es una tecnología que hoy en día está en auge, y luego de haber llevado a cabo este trabajo será un buen consejo para que los consumidores del canal de riego puedan utilizar ya que como se conoce el canal de riego es parte del río cutuchi y es considerado como un río muerto.
- ✓ Las tecnologías alternativas son fáciles de manejar y replicar en varios lugares de la provincia y del país.

### **Ambientales:**

- ✓ Las tecnologías alternativas son amigables con el ambiente es decir no alteran el hábitat natural y no causan daño a la humanidad al contrario mejora el deterioro de la tierra, agua, y aire.
- ✓ La biorremediación puede llegar a conformar un micro ecosistema, donde haya una interacción entre la planta con algunos tipos de microorganismo.

### Económicos:

- ✓ Por lo general los métodos de biorremediación no necesitan de una inversión alta además por ser fáciles de manejar nos ahorra tiempo y dinero, ya que se utiliza en muchos casos materiales del lugar.
- ✓ El llevar a cabo el proyecto en el lugar donde se da el problema es beneficioso ya que nos ahorra en el traslado de material desde la plantación de los esquejes de la planta hasta su desarrollo.

## 11. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DE PROYECTO

**Tabla 10. Presupuesto del proyecto**

Resultados/Actividades	Semestral	
	Costo 1er Trimestre DOLARES	Costo 2do Trimestre DOLARES
Actividad 1	360	
Actividad 2	500	
Actividad 3	20	
Actividad 4	15	
Actividad 5	15	
Actividad 6		20
Actividad 7		30
Sub total	910	50
Imprevistos	20	20
<b>Costo Total del Proyecto</b>	1000	

**Elaborado por:** Janeth Cuji (2017)

## 12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- El proyecto se realizó previo al diagnóstico de estudios realizados por la UTA, de las aguas canal de riego Latacunga – Salcedo – Ambato en hortalizas mediante su ejecución a través del proyecto de Canje de Deuda Ecuador- España.
- Se llevó a cabo el proceso evaluación de absorción de elementos pesados (Pb, Cd), mediante la siembra hidropónica del Vetiver (*Vetiveria zizanioides*), con aguas del canal de riego Latacunga – Salcedo – Ambato en el sector Samanga, en donde se obtuvo excelentes resultados especialmente en el tratamiento V100, la disminución del plomo fue del 80% en los 120 días. Para el caso del Cadmio la disminución de este metal fue de 77.4% en el tratamiento V100 en 120 días.
- Para determinar la capacidad de crecimiento de la planta de vetiver en su raíz y tallo se llevó a cabo una medición de la planta cada 15 días a partir desde los primeros 15 días hasta los 120 días en donde se determinó que el desarrollo de la raíz en V100 es menor que en V50 lo que se deduce que a mayor carga de metal menor crecimiento mientras que en el desarrollo de la hoja sucede lo contrario.

### Recomendaciones

- Se recomienda llevar a cabo un estudio más detenido sobre los materiales que se utilizó para implementar la siembra hidropónica especialmente en las planchas de espuma-Flex, para saber las influencias en el proceso de absorción de metales.
- El estudio de los metales es un tema serio por lo que se recomienda que su estudio sea realizado por un tiempo más extenso hasta alcanzar un nivel de absorción mayor vetiver.
- Se recomienda ampliar la investigación a otros metales como Cromo, Aluminio, Cobre, Estaño.
- Es recomendable buscar una alternativa de eliminación de las plantas que tengan la carga metálica para la contribución del medio ambiente y no causar alteración en otro campo o lugar de estudio.

### 13. BIBLIOGRAFIA

- Agencia para Sustancias Toxicas y el Registro de Enfermedades. (2007). ¿ Que le sucede al plomo cuando entra en al medio ambiente? División de Toxicología y Medicina Ambiental EE.UU., 3-5.
- Agencia Para Sustancias Toxicas y el Registro de enfermedades. (2014). ¿Qué le sucede al cadmio cuando entra al medio ambiente?. Resúmenes de Salud Pública - Cadmio (Cadmium).USA, 2-6.
- Altamirano Gutierrez, C. (2010). La contaminacion del Río Cutuchi. Madrid: Graficas Halas.
- Alves, J. d., Souza, A., La Porto, M., & Fontanes , R. (2016). Engenharia Agricola e Ambiental. Rev. bras.esp.Agric.ambiente, 2,3,4.
- Andra , S., & Datta , S. (Mayo de 2009). La inducción de la Phytchelatins en Vetiver Grass-Binding Plomo. Journal of Environmental Quality, 38(3), 77.
- Bustamante , M. (2012). Diagnostico preliminar de la contaminacion del río cutuchi y propuesta para un sistema de depuracion de las aguas residuales del canton Salcedo. Tesis.
- Bustamante, M., & Pozo, g. (2012,).
- Corte Brilho, C., Ribeiro dos Santos, S., & D´Anrea Pinto, A. j. (2011). Una contribución del estudio de las raíces de Vetiver de destilación. Bragantia vol.20 , 1-3.
- Cuji, L. (2013). Alerta de contaminacion del Rio Cutuchi. El Ambateño, 3.
- Danh, L., & Truong , P. (Octubre de 2009). El psto vetiver como un planta para la fitorremediación eleccion de metales pesados y desechos organicos. International Journal of Phytoremediation, 11(8), 3.
- Delgadillo, A., González, C., Prieto Villagómez , J., & Acevedo, o. (2011). Fitorremediacion: una alternativa para eliminar la contaminacio. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-04622011000200002&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-04622011000200002&script=sci_arttext)
- Echarri, L. (2007). Población, Geología y Ambiente. Universidad de Navarra.
- Funzani, M., Thierry, R., Rob, M. C., & Ntebogeng, M. (2012). Impacto de los metales en la produccion de metabolitos secundrios. (S.Afr.j.Chem, Ed.) South Africa Journal of Chemistry, 65, 23.
- Galvín, P. D. (2006). CARACTERISTICAS FISICAS, QUIMICAS y BIOLOGICAS DEL AGUA. Empresa Municipal de Aguas de Córdoba S.A (EMACSA), 2-4.
- Gomes, S. .., A. de Lima, V. L., P. de Souza, A., JVR do Nascimento, J., & S. do Nascimento, E. (2014). Pigmentos Cloroplast como Indicadors de Estres por Plomo. Engenharia Agricola, 1-8.
- Gordillo, D. Y., & Jimbo Muñoz, T. M. (2011). Trabajo de investigación “Determinación de presencia de metales pesados e Hidrocarburos aromáticos en los ríos. Lineamientos Propositivos, 6-9.
- Grimshaw, R. G. (Enero de 2000). Uso del Vetiver a partir de los años 50 una solución para los 90. (Denville, Ed.) Americas, 46(46.1), 42-45.

- Gutierrez, C. (2010). La Contaminacion del Río Cutuchi. Judicial, Latacunga.
- Hrideek, k. T., & Raghy, A. (junio de 2015). CORRECCION Y ASOCIACION DE CARACTERES EN VETIVER ZIZANIOIDE. Plant Breeding División, Departamento de Botanica de la Universidad de Calicut, Kerala-673635, india y 3Genetics, 1-8.
- Hrideek, T. K., & Raghu, A. (Junio de 2015). Correlación y asociación de caracteres en Vetiverian Zisanioides a partir de Kerala parte de la India Peninsular. (M. K., Ed.) Internacional Journal of Agriculture, Enviroment and biotechnilogy, 8(8.2), 237-243.
- International Journal of Phytoremediation. (Octubre de 2009). El pasto, VETIVERIA zizanioides: una planta para fitorremediación ELECCION DE METALES PESADOS Y desechos orgánicos. Boca Raton, 664(11.8), 2-3.
- International journal of griculture, Environment and Biotechnology. (2015). correlación y asociación de caracteres en Vetiveria zizanioides (L.) a partir de Kerala parte de la India peninsular. New Delhi, 1-8.
- Iturbe Argüelles, R., Flores Serrano, R., & Tolles Bustillos , L. (2011). Análisis de riego a la salud. Obtenido de Instituto de Ingeniería, UNAM, Cordinacion de Ingeniería Ambiental. Grupo Saniamiento de suelos y acuíferos, vol 7, no 1.: [http://scielo.unam.mx/scielo.php?pid=S1405-77432006000100001&script=sci\\_arttext&tlng=es](http://scielo.unam.mx/scielo.php?pid=S1405-77432006000100001&script=sci_arttext&tlng=es)
- jaramillo, l., & flores. (2012).
- Kandawire, & Gert-Dudel. (2007).
- Melato, F., & Crindle, R. (2016). Identificación Bioquímica y Desintoxicacion en zizanioides. Akston, 2-3.
- Melato, F., & Mokgalaka, N. (5 de MAayo de 2016). Mecanismo de adaptacion y de desintoxicacion de aguas reciduales de las minas de oro de colas. Revista Internacional de Fitorremediacion, 18(5), 3.
- OMS. (DICIEMBRE de 2007). Características de la planta vetiver. MANUAL SOBRE EL USO Y MANEJO DEL PASTO VETIVER (Chrysopogon.
- Orihuela, J. A. (DICIEMBRE 2007). MANUAL SOBRE EL USO Y MANEJO DEL PASTO VETIVER (Chrysopogon. Perú: UNALM.
- Perez, a. M. (2006). Estabilizacion de las riveras de rios con vetiver. proyecto vettiver, 26-27.
- Pozo, C., & Velastegui, R. (2012). Fitorremediacion de las aguas del Canal de Riego Latacunga-salcedo-Ambato mediante humedales. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de ingenieria en Alimentos. Ambato: Fiallos I.I.
- Reza, B., Mohammadi, S., Amir, S. M., & Hossein, G. (2016). Eliminacion de metales pesados de lixiviados con la construccion de Humedales. Environmental Science and Pollution Research, 12-18.
- Reza, B., Nadali, A., Amir, S. M., & Hossein, G. (2016). Laeliminación de metales pesados construyendo humedades. Environmental Science and Pollution Research, 2-4.

- Souza , N., Carraro, A., Castro, G., & Teixeira , A. (13 de Octubre de 2016). Ingeniería sanitaria y ambiental. Obtenido de Ingeniería sanitaria y ambiental: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-4152201687067>
- SS Andra medio ambiente Geoquimica lab. (2009). La induccion de la phytochelatins en Vetiver Grass-Binding plomo[zizanioides(L)]. (U. d. Texas, Ed.) J. Environ. Qual, 10-15.
- Taibe , C., & Chiliquinga, V. (2013). “DETERMINACIÓN DE LOS CONTAMINANTES PRESENTES EN LAS AGUAS DEL CANAL LATACUNGA-SALCEDO-AMBATO; TRAMO CEASA UTC, PERIODO 2013”. Tesis Previo a la Obtencion del Titulo de Ingenieros de ambiente, 15-20. Latacunga, Cotopaxi, Ecuador.
- Thai, D. L. (Octubre de 2009). El pasto vetiver VETIVERIA zizanioides: Una planta para fitorremediación elección de metales pesados y desechos organicon. International Journal of Phytoremediation, 664(11.8), 2-5.
- Troya, M. B. (2012). DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE LA CONTAMINCION EN EL RIO CUTUCHI. DISERTACION DE GRADO PREVIA ALA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERIA CIVIL. Quito, Pichincha, Ecuador.

## 14. ANEXO

### Anexo 1. Hoja de vida.

CURRICULOM VITAE	
<b>I.-DATOS PERSONALES</b>	
<b>APELLIDOS:</b>	Cuji <del>Quingaluiss</del>
<b>NOMBRES:</b>	Janeth Katerine
<b>DOCUMENTO DE IDENTIDAD:</b>	0503258634
<b>FECHA DE NACIMIENTO:</b>	04 de Abril de 1990
<b>LUGAR DE NACIMIENTO:</b>	Salcedo
<b>PROVINCIA:</b>	Cotopaxi
<b>NACIONALIDAD:</b>	Ecuatoriana
<b>ESTADO CIVIL:</b>	Soltero
<b>GRUPO SANGUÍNEO:</b>	ORH+
<b>DOMICILIO:</b>	Mulalillo Barrio Hermanas <del>Paez</del>
<b>TELÉFONO:</b>	032726495
<b>CELULAR:</b>	0995597072
<b>E-MAIL INSTITUCIONAL:</b>	janeth.cuji4 @utc.edu.ec
<b>PROFESIÓN:</b>	Egresada (nivel superior)
<b>II.-FORMACION ACADEMICA</b>	
<b>ESTUDIOS PRIMARIOS:</b>	
<b>INSTITUCIÓN EDUCATIVA :</b>	Escuela fiscal Luis Alfredo <del>Martinez</del>
<b>ESTUDIOS SECUNDAIOS:</b>	
<b>INSTITUCION EDUCATIVA:</b>	Colegio Nacional José Peralta y Colegio Intercultural Bilingüe "El <del>Chaquiñan</del> "
<b>BACHILLETARO:</b>	Químico Biólogo y Ciencias Sociales
<b>ESTUDIOS SUPERIORES:</b>	
<b>INSTITUCION EDUCATIVA:</b>	Universidad Técnica de Cotopaxi.
<b>FACULTAD:</b>	Ingeniería en Medio Ambiente.



## FORMACIÓN ACADÉMICA

---

**Máster Agricultura Ecológica.** Universidad de Barcelona. Octubre 2012-2013.

**Doctora en Biología (especialidad genética).** Universidad Complutense de Madrid. Septiembre 2005.

**Diploma de Estudios avanzados.** (D.E.A). Programa Genética. Universidad Complutense de Madrid. Junio 2001.

**Licenciada en Biología.** Especialidad Genética. Universidad Complutense de Madrid. Junio 1998.

### EXPERIENCIA PROFESIONAL

- Agosto 2015-  
actualidad **Universidad Técnica de Cotopaxi. Ecuador.**  
**Docente Investigador**
- Durante este periodo he trabajado como docente investigador a tiempo completo en la Universidad. He impartido diferentes materias del área de Biología en la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. He formado parte del Comité Científico de Investigación realizando tareas relacionadas con la gestión de la investigación y la elaboración de propuestas de proyectos de investigación.
- Marzo 2014-  
Agosto 2015 **Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). Madrid.**  
**Técnico Superior de Investigación y Laboratorio**
- Los objetivos del proyecto llevado a cabo fueron analizar el efecto de procesados tecnológicos (autoclave y tratamientos enzimáticos) sobre la actividad alérgica de anacardo, pistacho y castaña.
- Junio 2009-  
Julio 2012 **Universidad de Castilla La Mancha. Fac. Ciencias del Medio Ambiente. Toledo.**  
**Investigador Postdoctoral**
- La finalidad del proyecto realizado fue el estudio de los circuitos génicos por los cuales la luz regula la diferenciación de estomas en los órganos fotosintéticos en *Arabidopsis thaliana*.
- Centro Nacional de Biotecnología. CSIC. Madrid**  
**Titulado Superior de Investigación y Laboratorio**
- Noviembre  
2006-Mayo  
2009 El principal objetivo del proyecto fue estudiar el papel de las subunidades catalíticas de las proteínas fosfatasa 2A (PP2A) en la fertilidad y embriogénesis de *Arabidopsis thaliana*.  
**Real Jardín Botánico de Madrid. CSIC**  
**Titulado Superior de Investigación y Laboratorio**
- Marzo-  
Octubre 2005 Las tareas desarrolladas incluían el mantenimiento de los cultivos de hongos de la familia Saprolegniaceae, análisis de secuencias ITS del género *Aphanomyces*.  
Y detección del hongo *Aphanomyces asthei* en muestras de cangrejo de río mediante PCR a tiempo real.

- Agosto - **Instituto de Investigación de Agricultura Ecológica, Fibl (Frick, Suiza).**
- Septiembre 2013 **Prácticas Máster AE.**  
Realización, bajo la supervisión de Martin Koller del proyecto fin de Máster titulado “**Comparison of six selections of the heirloom tomate *Cuor di bue*”** .
- Agosto- **Institute of Biotechnology, University of Helsinki (Finland).**  
Noviembre 2002 **Investigador Predoctoral Visitante**  
El objetivo de la estancia fue aprender técnicas derivadas de la PCR como IPCR (inverse PCR), marcadores moleculares basados en secuencias de retrotransposones (IRAP, REMAP), e hibridación tipo dot para determinar

## EXPERIENCIA DOCENTE

### **Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Técnica de Cotopaxi. Ecuador**

-Ciclos Abril-Agosto 2016, Octubre 2016- Marzo 2017, Abril-Agosto 2017.

Ingeniería en Medio Ambiente: Microbiología (4 créditos, 2 paralelos) y Bioquímica (4 créditos, 2 paralelos).

Directora del proyecto de titulación: Evaluación de la viabilidad y calidad de semilla de quinua (*Chenopodium quinoa*) tras diferentes métodos de secado.

-Ciclo Octubre 2015- Marzo 2016.

Ingeniería Agroindustrial: Biotecnología (5 créditos) y Bioquímica (4 créditos)

Ingeniería Agronómica: Biotecnología (4 créditos) y Microbiología (4 créditos)

### **Facultad de Biología. Universidad Complutense de Madrid. España.**

Curso 2014-2015. **Codirectora del proyecto fin de Máster** titulado “Detección mediante real time PCR de alérgenos de anacardo (*Anacardium occidentale* L.)”. Máster en Genética y Biología Molecular

Curso 2014-2015. **Codirectora del proyecto fin de grado** titulado “Evaluación de las modificaciones estructurales de las proteínas de castaña implicadas en la respuesta alérgica”. UCM. Grado en Biología.

**Facultad de Ciencias Ambientales y Bioquímica. Universidad de Castilla La Mancha. Campus de Toledo. España.**

-Curso 2009-2010.

Biotecnología Ambiental: 10 horas de docencia práctica.

Ingeniería Genética y OMG: 20 horas de docencia práctica.

-Curso 2010-2011.

Fisiología Vegetal: 20 horas de docencia práctica.

Biotecnología Ambiental: 8 horas de docencia práctica.

Ingeniería Genética y OMG: 16 horas de docencia práctica.

Curso 2009-2010. **Codirectora del proyecto fin de licenciatura** titulado “Estudio aproximativo al papel de la luz en el desarrollo de estomas en *Arabidopsis thaliana*”. UCLM. Licenciatura en Ciencias Ambientales.

## PARTICIPACIÓN EN PROYECTOS

Miembro del equipo investigador en el proyecto financiado por la Universidad Técnica de Cotopaxi:

- Evaluación del proceso de secado en horno microondas de semillas de interés agrícola de la provincia de Cotopaxi. Financiado con fondos internos de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Miembro del equipo investigador en el proyecto de cooperación de la Agencia Andaluza de Cooperación Internacional (2016DEC003):

- Fortalecimiento de las capacidades de empoderamiento socio-económico en dos comunidades rurales del cantón Latacunga (Ecuador) a través de un proceso de IAP (Investigación Acción-Participativa) y capacitación agroindustrial. Proyecto conjunto con la Universidad de Almería, España.

Personal contratado en el proyecto financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad:

- Efecto de procesado tecnológico combinando temperatura, presión y tratamientos enzimáticos sobre la reactividad alérgica de frutos secos (anacardo, pistacho y castaña) (AGL2012-39863-C02-02).

Investigador principal: Carmen Cuadrado Hoyos.

Miembro del equipo investigador en el proyecto de la Junta de Comunidades de Castilla la Mancha:

- VERDE. Variantes genéticos naturales e inducidos implicados en el desarrollo de estomas y en su regulación por luz (PPII10-0194-4164). IP: Montaña Mena Marugán.

Personal contratado en el proyecto del Ministerio de Educación y Ciencia:

- TRANSPLANTA. Función y potencial biotecnológico de los factores de transcripción de las plantas. (MEC- CONSOLIDER-INGENIO 28317). IP: Javier Paz-Ares (Carmen Fenoll es IP del grupo UCLM y miembro del Comité Gestor del proyecto).

Personal contratado en el proyecto del Ministerio de Educación y Ciencia:

- Las proteínas diana de las proteína fosfatasa PP2A y PP4 y su función en la respuesta de defensa y el desarrollo en *Arabidopsis thaliana* (BIO2008-03052). IP: Jose Juan Sánchez Serrano

- Caracterización molecular de las proteínas fosfatasa 2A y su participación en las respuestas de defensa en *Arabidopsis thaliana* L (BIO2005-08528) IP: Jose Juan Sánchez Serrano

Miembro del equipo investigador (Becaria FPU) en el proyecto de la DGI, MCYT:

-Caracterización de secuencias hipervariables en los genomas de *Secale cereale* y *Arabidopsis thaliana* (BMC2001-1297-C02-01). IP: Ana M. Vázquez.

Colaboradora en el proyecto financiado por la Comunidad de Madrid:

- Obtención de plantas transgénicas de *Begonia* (07B/0018/1997). IP: Ana M. Vázquez.

## PUBLICACIONES

Sanchiz A.; Dieguez M.C.; **Ballesteros I.**; Rodriguez J.; Crespo J.F.; Cuevas N.; Rueda J.; Linacero R.; Cuadrado C.; Novak N., (2017) “**Thermal processing effects on cashew and pistachio allergenicity**” Food Chemistry. Enviado para su revisión.

H. Moreno A, Hernández R, **Ballesteros I** (2017). “**Microwave drying of seeds of agricultural interest for Ecuador**”. Ampere Newsletter. Trends in RF and Microwave Heating. 92:28-32.

Sanchíz A., **Ballesteros I.**, Martín A., Rueda J., Pedrosa MM., Dieguez MC., Rovira M., Cuadrado C., Linacero R., (2017) “**Detection of pistachio allergen coding sequences in food products: A comparison of two real time PCR approaches**” Food Control, 75:262-270.

Impact Factor (2017):3.388. Ranking (2015): Q1, Food Sciences

H. Moreno A, Hernández R, **Ballesteros I.**(2017). “**Secado industrial con microondas**” En Aplicaciones industriales del calentamiento con energía microondas. Latacunga, Ecuador: Editorial Universidad Técnica de Cotopaxi, Primera Edición, ISBN: 978-9978-395-34-9. pp.85-118

H. Moreno A, Hernández R, **Ballesteros I.**(2016) “**Microwave Drying of Seeds and Vegetable Products: A Viable Option for Ecuador**”. Proceedings of the 3rd Global Congress on Microwave Energy Applications (3GCMEA). ISBN 978-84-16325-21-4. Editors: José Fayos-Fernández and Juan Monzó-Cabrera., pp. 103-108.

Linacero R., **Ballesteros I.**, Sanchíz A., Prieto N., Iniesto E., Martinez Y., Pedrosa MM., Muzquiz M., Cabanillas B., Rovira M., Burbano C., Cuadrado C. (2016) “**Detection by real time PCR of walnut allergen coding sequences in processed foods**” Food Chemistry 202:334-340.

Impact Factor (2014):3.391. Ranking (2014): Q1, Food Sciences

Triviño M., Martín-Trillo M., **Ballesteros I.**, Delgado D., de Marcos A., Desvoyes B., Gutiérrez C., Mena M., Fenoll C. (2013) “**Timely expression of the Arabidopsis stoma-fate master regulator MUTE is required for specification of other epidermal cell types**” The Plant Journal, 75(5):808-822.

Impact Factor (2013): 6.815. Ranking (2012): Q1 (7/196), Plant Sciences)

**Ballesteros I.**, Domínguez T., Sauer M., Paredes P., Duprat A., Rojo E., Sanmartín M., Sánchez-Serrano J.J. (2013) “**Specialized functions of the PP2A subfamily II catalytic subunits PP2A-C3 and PP2A-C4 in the distribution of auxin fluxes and development in Arabidopsis**” The Plant Journal, 73(5):862-872.

Impact Factor (2013): 6.815. Ranking (2012): Q1 (7/196), Plant Sciences)

Delgado D<sup>†</sup>., **Ballesteros I**<sup>†</sup>., Mena M, Fenoll C. (2012) “**Roles of CONSTITUTIVE PHOTOMORPHOGENIC 10 in Arabidopsis stomata development**”. Plant signaling and behavior, 7(8): 990-993. <sup>†</sup> These authors contributed equally to this work

Delgado D<sup>†</sup>, **Ballesteros I<sup>†</sup>**, Torres-Contreras J., Mena M., Fenoll C. (2012) “**Dynamic analysis of epidermal cell divisions identifies specific roles for COP10 in Arabidopsis stomatal lineage development**”. *Planta*, 236(2):447-461. † These authors contributed equally to this work

IF (2012) : 3.347 Ranking (2012): Q1 (28/197, Plant Sciences)

**Ballesteros I.**, Linacero R., Vázquez A.M.(2009) “**Mitochondrial DNA amplification in albino plants of rye (*Secale cereale* L.) regenerated in vitro**”. *Plant Science*, 176(6):722-728.

IF (2009): 2.05 Ranking (2009): Q2 (49/173, Plant Sciences)

Diéguez-Uribeondo J., Miguel A. García M.A., Cerenius L., Kozubíková E., **Ballesteros I**, Windels C., Weiland J., Kator H., Söderhäll K., Martín M.P. (2009) “**Phylogenetic relationships among plant and animal parasites, and saprotrophs in *Aphanomyces* (Oomycetes)**”. *Fungal Genetics and Biology*, 46(5): 365-376.

IF (2009): 2.961 Ranking (2009): Q1 (3/19, Mycology)

**Ballesteros I.**, Martín M.P., Cerenius L., Söderhäll K., Tellería M.T., Diéguez-Uribeondo J. (2007) “**Lack of specificity of the molecular diagnosis method for identification of *Aphanomyces astaci***”. *Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst.* 385:17-24.

IF (2009) :0.235 Ranking: Q4 (40/42, FISHERIES)

**Ballesteros I.**, Martín M.P., Diéguez-Uribeondo J. (2006) “**First isolation of *Aphanomyces frigidophilus* (*Saprolegniales*) in Europe**”. *Mycotaxon* 95:335-340.

IF (2006): 0.486 Ranking (2006): Q4 (13/17, Mycology)

Alves E., **Ballesteros I.**, Linacero R., Vázquez A.M. (2005) “***RYSI*, a foldback transposon, is activated by tissue culture and shows preferential insertion points into the rye genome**”. *Theoretical and Applied Genetics*. 111(3):431-436.

IF (2005): 3.063 Ranking (2005): Q1 (1/48, Agronomy; 18/41, Plant Sciences)

Vázquez A.M., **Ballesteros I.**, Freitas Alves E., Linacero R. (2003) “**Somaclonal variation in rye: a new tool for genomic studies**”. In book: *Recent Research Developments in Plant Molecular Biology Vol 1 Part II*, ISBN 81-271-0009-9 , Editors: Pandalai SG, pp.223-237.

Vázquez A.M., **Ballesteros I.**, Freitas Alves E., Linacero R. (2001) “**Hot spots of mutation in rye: the implication of mobile elements in somaclonal variation**”. Proceedings of the EUCARPIA Rye Meeting. ISBN 83-89172-00-3. Editor: Plant Breeding and Acclimatization Institute, pp 349-350.

CONGRESOS (Se muestran los 12 últimos)

**2º Simposio Internacional de Investigación e Innovación UISEK.** Quito, Ecuador (2017).

Ballesteros I., Hernández R., Chamorro S., Castillejo P.

Ponencia: Código de barras de ADN como herramienta para la identificación de diatomeas epilíticas en Ecuador.

**IX Congreso CyTA – CESIA (Ciencia y Tecnología de Alimentos – Ingeniería de los Alimentos).** Madrid, España (2017)

Sanchiz A., Ballesteros I., Bartual P., Rueda J., Linacero R., Cuadrado C.

Poster: Influence of technological processing on potential allergens of chestnut

Sanchiz A., Ballesteros I., Marqués E., Rueda J., Cuadrado C., Linacero R.

Poster: Evaluation of different targets for specific detection of cashew by real time pcr

**3rd Global Congress on Microwave Energy Applications (3GCMEA).** Cartagena, Spain (2016).

H. Moreno A., Hernández R., Ballesteros I.

Poster: Microwave drying of seeds and vegetable products: a viable option for Ecuador.

**XL Congreso de la Sociedad Española de Genética.** Cordoba, Spain (2015).

Sanchiz A, Ballesteros I, Triguero A, López A, Burbano C, Rueda J, Cuadrado C, Linacero R.

Poster: Evaluación de diferencias varietales en castaña y detección de alergenios por *Real Time* PCR.

**ANQUE-ICCE-BIOTEC. Madrid (Julio 2014).**

Ballesteros I., Sanchiz A., Besseling N., Martín A., Pascual C., Burbano C., Rueda J., Cuadrado C., Linacero R.

Póster: Real Time PCR to detect pistachio allergen coding sequences in processed foods.

**XIII Congreso Luso-Español de Fisiología Vegetal (Julio 2013).**

de Marcos Serrano A., Triviño Toledo M., Corrochano M., Ballesteros I., Rapp A., Fenoll Comes C., Mena Marugán M.

Ponencia: Life without stomata: transcriptional clues from *Arabidopsis thaliana*.

**XIX Reunión de la Sociedad Española de Fisiología Vegetal. Castellón (Junio 2011).**

Ballesteros I., Delgado D., de Marcos Serrano A., Bou-Torrent J., Martínez García J., Fenoll C., Mena Marugán M.

Póster: Análisis de los circuitos génicos que conectan el desarrollo de estomas con el medio ambiente lumínico.

**X Reunión de Biología Molecular de Plantas. Valencia (Julio 2010).**

Triviño Toledo M., de Marcos Serrano A., Martín Trillo M., Ballesteros I., Fenoll C., Mena Marugán M.

Póster: Análisis funcional de dos reguladores positivos del desarrollo de estomas en arabidopsis.

**X Reunión de Biología Molecular de Plantas. Valencia (Julio 2010).**

Martín C., Ballesteros I., Benito B., Rodríguez-Navarro A., Fenoll C., Mena Marugán M.

Póster: Evolución del desarrollo de estomas: caracterización de los ortólogos de fama en el musgo *Physcomitrella patens*.

**IX Reunión de Biología Molecular de Plantas. Santiago de Compostela (Julio 2008).**

Domínguez T., Ballesteros I., Duprat A., Pernas M., Sanmartín M., Sánchez-Serrano J.J.

Ponencia: Papel de las fosfatasas PP2Ac en *Arabidopsis thaliana* L.

**VII Reunión SECIVTV (Sociedad Española de Cultivo in vitro de Tejidos Vegetales). Alcala de Henares (Junio 2007).**

Ballesteros I, Linacero R, Vázquez AM

Póster: Albinismo en plantas regeneradas de centeno: relación con la amplificación de una secuencia mitocondrial

**V Congreso de la Sociedad Española de Genética. Almería (Octubre 2005).**

**Ballesteros I.,** Linacero R., Vázquez AM.

Póster: Estudio de las plantas albinas regeneradas en cultivos in vitro de centeno (*Secale cereale* L.)

IDIOMAS

**Castellano:** lengua materna

**Inglés:** Nivel B2. First Certificate in English (Febrero 2014)

**Anexo 2.** Trabajo de campo previo a la siembra.

a) Preparación del terreno



b) Preparación de tanques



c) Instalación del sistema de recirculación de agua y adiestramiento de bombas de agua.



**Anexo 3. Llenado de tanques con agua contaminada**



**Anexo 4. Siembra de plantas.**



**Anexo 5.** Toma de muestras y etiquetado.



**Anexo 6.** Trabajo de laboratorio.

**Preparación del equipo.**

Curvas de calibración de plomo

**Cuadro 6.1.** Parámetros para el análisis. Horno de grafito – programa de calor del horno - Plomo

Escenario	Temperatura	Rampa	Sostener	Atomizador	Gas
1	70	10	10		Alto
2	110	10	10		Alto
3	450	10	15		Alto
4	1800	0	3	Si	Apagado
5	1900	1	2		Alto

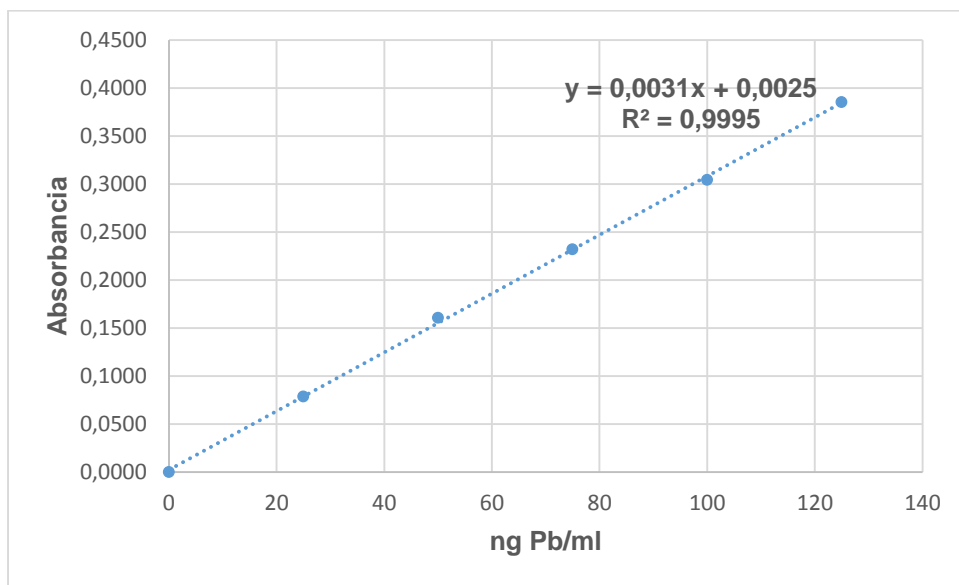
Tomado del Manual de Usuario del Equipo de Absorción Atómica (PG Instrument, n.d.)

**Tabla 6.1.** Absorbancia, Desviación estándar y coeficiente de variación de plomo

ng Pb/ml	Absorbancia promedio*	Desviación estándar	Coefficiente de variación
0,0	0,000	0,0000	0
25,0	0,0788	0,0026	3,29
50,0	0,1609	0,0060	3,73
75,0	0,2319	0,0080	3,44
100,0	0,3042	0,0083	2,72
125,0	0,3854	0,0127	3,29

\*Promedio de 3 mediciones

**Figura 6.1.** Curva de calibración externa de Plomo



### Curva de calibración del Cadmio

**Cuadro 6.2.** Parámetros para el análisis. Horno de grafito – programa de calor del horno – Cadmio

Escenario	Temperatura	Rampa	Sostener	Atomizador	Gas
1	90	5	10		Alto
2	120	5	10		Alto
3	500	5	10		Alto
4	1800	0	3	Si	Apagado
5	1900	1	2		Alto

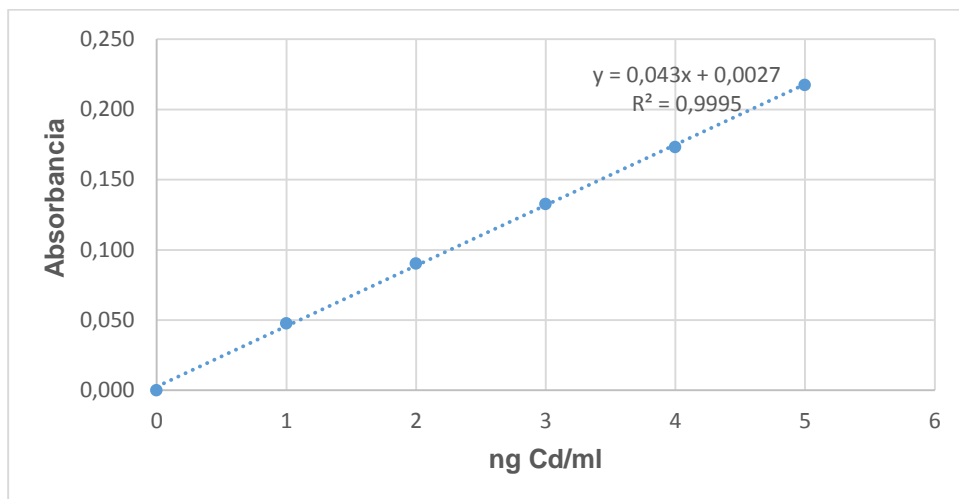
Tomado del Manual de Usuario del Equipo de Absorción Atómica (PG Instrument, n.d.)

**Tabla 6.2.** Absorbancia, Desviación estándar y coeficiente de variación de cadmio

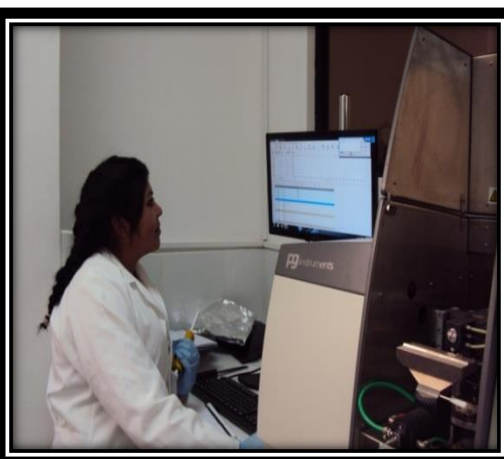
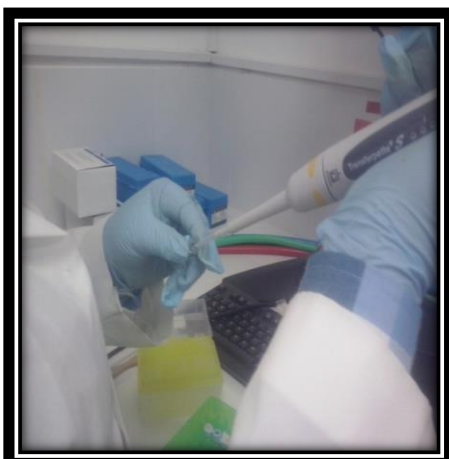
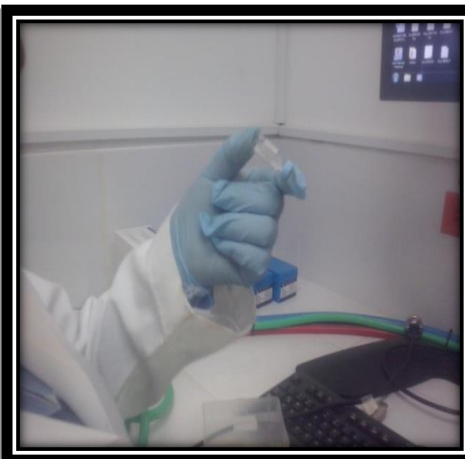
ng Cd/ml	Absorbancia promedio*	Desviación estándar	Coefficiente de variación
0	0,000	0,000	0,00
1	0,048	0,0015	3,12
2	0,090	0,0038	4,12
3	0,133	0,0035	2,58
4	0,173	0,0075	4,44
5	0,217	0,0021	0,95

\*Promedio de 3 mediciones

**Figura 6.2.** Curva de calibración externa de cadmio



**Preparación de muestras**



**Anexo 7. Resultados de los análisis**

<b>ANALISIS DE MUESTRA ANTES DE LA SIEMBRA DEL VETIVER</b>					
<b>ANALISIS DE PLOMO (Pb)</b>					
MUESTRA	CODIGO	N° DE INYECCION	TIEMPO 0	TIEMPO (2 meses)	TIEMPO (4 meses)
Muestra Tanque (1)	V100	R1	0,0106	0,0065	0,0023
		R2	0,0113	0,0055	0,0016
Muestra Tanque (2)	V100	R1	0,0084	0,0026	0,0010
		R2	0,0100	0,0032	0,0019
Muestra Tanque (3)	V100	R1	0,0129	0,0042	0,0035
		R2	0,0113	0,0029	0,0026
Muestra Tanque (4)	V50	R1	0,0087	0,0052	0,0052
		R2	0,0068	0,0039	0,0052
Muestra Tanque (5)	V50	R1	0,0100	0,0074	0,0055
		R2	0,0090	0,0061	0,0048
Muestra Tanque (6)	V50	R1	0,0103	0,0087	0,0052
		R2	0,0084	0,0074	0,0039
Testigo (7)	T	R1	0,0171	0,0168	0,0161
		R2	0,0168	0,0165	0,0165
TESTIGO (8)	T	R1	0,0171	0,0168	0,0168
		R2	0,0171	0,0168	0,0165
TESTIGO (9)	T	R1	0,0161	0,0168	0,0165
		R2	0,0165	0,0161	0,0161

<b>ANALISIS DE CADMIO (Cd)</b>					
MUESTRA	CODIGO	N° DE INYECCION	TIEMPO 0	TIEMPO (2 meses)	TIEMPO (4 meses)
Muestra Tanque (1)	V100	R1	0,0018	0,0013	0,0005
		R2	0,0017	0,0013	0,0005
Muestra Tanque (2)	V100	R1	0,0016	0,0012	0,0005
		R2	0,0017	0,0011	0,0005
Muestra Tanque (3)	V100	R1	0,0015	0,0012	0,0005
		R2	0,0017	0,0012	0,0005
Muestra Tanque (4)	V50	R1	0,0019	0,0013	0,0009
		R2	0,0018	0,0014	0,0009
Muestra Tanque (5)	V50	R1	0,0019	0,0013	0,0013
		R2	0,0020	0,0013	0,0012
Muestra Tanque (6)	V50	R1	0,0021	0,0016	0,0011
		R2	0,0021	0,0017	0,0010
Testigo (7)	T	R1	0,0024	0,0023	0,0023
		R2	0,0024	0,0022	0,0023
TESTIGO (8)	T	R1	0,0024	0,0022	0,0022
		R2	0,0024	0,0024	0,0023
TESTIGO (9)	T	R1	0,0025	0,0024	0,0024
		R2	0,0026	0,0025	0,0024

**Anexo 8.** Datos del desarrollo de la raíz y de la hoja del vetiver

DESARROLLO DE LA RAIZ								
N° plantas	15 días	30 días	45 días	60 días	75 días	90 días	105 días	120 días
50 vetiver	3,5cm	6,8cm	11,8cm	18,1cm	26,6cm	37,4cm	46,8cm	55,0cm
100 vetiver	3,3cm	5,2cm	7,7cm	10,9cm	17,2cm	21,7cm	26,8cm	35,8cm

DESARROLLO DE LA HOJA								
N° plantas	15 días	30 días	45 días	60 días	75 días	90 días	105 días	120 días
50 vetiver	13,8cm	19,2cm	22,8cm	27,45cm	33,7cm	39,55cm	46,7cm	54,05cm
100 vetiver	15,3cm	22,55cm	27,45cm	33,4cm	36,9cm	45,05cm	52cm	59,05cm