



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“ESTUDIO DE LA

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero en
Medio Ambiente.

Autor:

Aysalla Panchi Jonathan Damián

Tutor:

PhD: María Isabel Ballesteros Redondo

Latacunga –Ecuador

Agosto – 2017

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **Aysalla Panchi Jonathan Damián** declaro ser el autor del presente proyecto de investigación: **Estudio de la capacidad de la especie Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) en la acumulación de metales pesados en la siembre hidropónica con agua del canal de riego Latacunga – Salcedo – Ambato**, siendo la PhD. Isabel Ballesteros tutora del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos y acciones.

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

.....

Aysalla Panchi Jonathan Damián.

Número de C.I. 050340367-7

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 **Aysalla Panchi Jonathan Damián**, identificado con C.C. N°**050340367-7**, de estado civil **SOLTERO** y con domicilio en la calle Av. Iturralde frente a la gasolinera Corazón de Jesús sector el puente de Aláquez, cantón Latacunga, 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. - (Octubre 2011 – Mazo 2011 hasta Abril – Agosto 2017).

Aprobación HCA. - (07 de diciembre del 2017).

Tutor. -PhD. Isabel Ballesteros.

Tema: **Estudio de la capacidad de la especie Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) en la acumulación de metales pesados en la siembre hidropónica con agua del canal de riego Latacunga – Salcedo - Ambato.**

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 la cláusula cuarta, 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 agosto del 2017.

Aysalla Panchi Jonathan Damián

Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez

EL CEDENTE

EL CESIONARIO

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

Estudio de la capacidad de la especie Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) en la acumulación de metales pesados en la siembre hidropónica con agua del canal de riego Latacunga – Salcedo – Ambato, de Aysalla Panchi Jonathan Damián, de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, agosto del 2017.

Tutora:

.....

PhD. María Isabel Ballesteros Redondo.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo con las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales por cuanto, el postulante: **Aysalla Panchi Jonathan Damián** el título de Proyecto de Investigación: **Estudio de la capacidad de la especie Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) en la acumulación de metales pesados en la siembre hidropónica con agua del canal de riego Latacunga – Salcedo – Ambato**, 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 del 2017.

Para constancia firman:

Lector 1 (presidente)

MSc. Patricio Clavijo.

CC: 050144458-2

Lector 2

MSc. Paolo Chasi.

CC: 050240972-5

Lector 3

Ing. Mg. José Andrade.

CC: 050252448-1

AGRADECIMIENTO

El presente proyecto es el resultado del esfuerzo conjunto con mi tutora la PhD. Isabel Ballesteros, a mis padres Enma Panchi y José Aysalla, mis Hermanas Mayra Panchi, Jessica Panchi, Brigith y Marjorie Aysalla quienes a lo largo de toda mi vida me han apoyado y motivado tanto en mi formación académica como en mi formación moral.

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.

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 formar parte de mi vida estudiantil.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de investigación a mis padres el señor José Manuel Aysalla Puma y la señora Enma Melida Panchi Pacas a mis hermanas Mayra Panchi, Jessica Panchi, Brigith y Marjorie Aysalla por darme amor y estar siempre cuidándome y dándome fortaleza para nunca rendirme, su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos mi gran ejemplo no solo para mí sino para todos mis familiares.

Aysalla Panchi Jonathan Damián.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES.

TITULO: “Estudio de la capacidad de la especie Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) en la acumulación de metales pesados en la siembra hidropónica con agua del canal de riego Latacunga – Salcedo – Ambato”

Autor: Aysalla Panchi Jonathan Damián

RESUMEN

El principal objetivo del presente trabajo fue evaluar la capacidad de absorción de metales pesados, como Cadmio y Plomo, de la especie “vetiver” (*Vetiveria zizanioides*), presentes en el agua del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato en el sector de Samanga.

En este trabajo se estudió el comportamiento de la planta en cultivo hidropónico en tanques de 100 litros en los que se dispusieron cuatro tratamientos distintos. Por un lado, se evaluaron dos densidades de plantas, 50 y 100 plantas por tanque, y estas se crecieron en tanques con agua potable (testigo) y con agua procedente del canal de riego. Cada tratamiento se hizo por triplicado. Se evaluó el crecimiento de la planta en los cuatro tratamientos, y se cuantificó la acumulación de metales pesados (Pb y Cd) en la raíz y parte aérea.

La especie vetiver presenta un índice de tolerancia alto a la presencia de metales en el agua. Se observa que las diferencias de crecimiento, sobre todo en raíz, se deben a la densidad de plantas por tanque no al tipo de agua que contiene. Respecto a la absorción de metales los datos obtenidos muestran que tras nueve meses de crecimiento la planta creciendo en agua del canal acumula más cantidad de ambos metales que la planta creciendo en agua potable, tanto en la parte aérea como en la raíz, siendo el porcentaje de acumulación ligeramente mayor en la raíz.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos este estudio se corrobora el potencial de la especie *Vetiveria zizanioides* como fitorremediadora para mejorar la calidad del agua del canal de riego Latacunga-Ambato lo cual supondría una mejora de la producción agrícola y ganadera.

Palabras claves: Vetiver, Acumulación, Metales pesados, Fitorremediadora,

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

THEME: STUDY OF THE CAPACITY Vetiver (*Vetiveria Zizanioides*) IN THE ACCUMULATION OF HEAVY METALS (Pb, Cd) IN HYDROPONIC SEEDS OF WATERWAY LATACUNGA-SALCEDO-AMBATO.

ABSTRACT

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

In this searching, it studied the behavior of Vetiver hydroponic planting, in tanks of 100 liters with four treatments. On the one hand, two plant densities 50 and 100 plants per tank were evaluated, and these were grown in containers with potable water (control) and with water from the irrigation waterway. Each treatment was done in triplicate. The growth plant was evaluated in the four treatments, and the accumulation of messed metals (Pb and Cd) in the root and shoot was quantified.

The vetiver species has a high tolerance index to the presence of metals in the water. It is observed that the growth differences, mainly in the root, are due to the density of plants per tank, not to the type of water it contains. Regarding the absorption of metals, the data obtained show that after nine months of growth, the plant growing in waterway accumulates more of both metals than the plant growing in drinking water, both in the aerial part and in the root, the percentage of slightly greater accumulation in the root.

The results showed that the vetiver (*Vetiveria zizanioides*) improve 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 avoid the farming contaminated and diseases in animals of this area.

ÍNDICE GENERAL

1. INFORMACION GENERAL.....	1
2. JUSTIFICACION DEL PROYECTO	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	3

3.1.	Los beneficiarios directos son los siguientes:.....	3
3.2.	Los beneficiarios indirectos:.....	4
4.	EL PROBLEMA DE INVESTIGACION:	4
5.	OBJETIVOS:.....	7
5.1.	General.....	7
5.2.	Específicos.....	7
6.	ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACION A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS:.....	8
7.	FUNDAMENTACIÓN CIENTIFICO TECNICA	9
7.1.	Descripción del Vetiver	9
7.2.	Morfología del Vetiver	11
7.3.	Utilidades principales del vetiver:	12
7.4.	Metales pesados	12
7.5.	Fuentes generadoras de plomo y cadmio.....	13
7.5.1.	Plomo	13
7.5.2.	Cadmio.....	14
7.6.	Fuentes generadoras de Cadmio Fuentes naturales	14
7.7.	Plomo y Cadmio en Ecuador	15
7.7.1.	Plomo	15
7.7.2.	Cadmio.....	15
7.8.	Fuentes naturales y antropogénicas de Plomo y Cadmio en el Ecuador.	15
7.9.	Fitorremediación de aguas residuales industrial y de uso agrícola.	16
7.9.1.	Australia.....	17
7.9.2.	China	17
7.9.3.	Costa Rica	18
7.9.4.	Centroamérica	18
7.9.5.	El Salvador, Filipinas y Tanzania	19

7.9.6. Tailandia	19
7.10. Herramientas de análisis	19
7.10.1. Deshidratador	19
7.10.2. El molino.....	19
7.10.3. Balanza automática	19
7.10.4. Software past 3.0.....	20
7.10.5. Espectrofotómetro.....	20
7.10.6. Principales tipos de espectrofotómetros.....	20
7.10.7. Espectrofotómetros de absorción atómica	20
8. PREGUNTAS CIENTIFICAS O HIPOTESIS:.....	22
8.1. Hipótesis afirmativa:.....	22
8.2. Hipótesis nula:	22
9. METODOLOGÍA:.....	22
9.1. Sitio de Estudio.....	22
9.2. Delimitación del área de estudio.	23
9.3. Materiales	24
9.3.1. Materiales de campo:	24
9.3.2. Materiales para la siembra de especies:	24
9.3.3. Materiales para la obtención de las sub-muestras.....	25
9.3.4. Materiales para tabulación de resultados y estadística.	25
9.4. Método de siembra hidropónica para la especie vetiver (<i>Vetiveria zizanioides</i>)	25
9.5. Recolección del vetiver (<i>Vetiveria zizanioides</i>)	26
9.6. Dinámica de crecimiento:.....	28
9.7. Análisis de laboratorio.....	29
9.7.1. Tratamiento preliminar del material vegetal.....	29
9.7.2. Digestión ácida en biomasa.	29

9.7.3. Determinación de plomo y cadmio en muestra vegetal en el medio de cultivo con horno de grafito.....	30
9.8. Cuantificación de la concentración de plomo y cadmio absorbida por la especie vetiver (<i>Vetiveria zizanioides</i>).....	33
9.8.1. Acumulación de plomo y cadmio en cada uno de los tejidos.	33
9.8.2. Índice de tolerancia	34
10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS:	34
10.1. Descripción del Área de Estudio:	34
Ubicación:	34
10.2. Resultado de análisis del agua utilizados en la siembra hidropónica.	35
En el cuadro se muestra los resultados del plomo y cadmio existentes al inicio del proyecto en la siembra hidropónica en el agua del canal.	35
10.3. Crecimiento de la especie vetiver (<i>Vetiveria zizanioides</i>) en agua del rio Samanga y agua potable.....	35
10.3.1 Desarrollo de la raíz del vetiver	36
10.3.2. Desarrollo de la hoja del vetiver	37
10.3.3.Índice de tolerancia	39
10.3.4. Biomasa.....	39
10.4. Porcentaje de absorción de Pb y Cd en la planta vetiver.	40
10.4.1. Concentración de plomo	40
10.4.2. Bioacumulación de plomo en los tejidos.	44
10.4.3. Concentración de cadmio.....	46
10.4.4. Bioacumulación de cadmio en los tejidos.....	49
10.4.4. Bioacumulación por tratamiento	51
10.5. Tiempo de mayor captación de metales	53
10.5.1. Tiempo de absorción de plomo en las hojas del vetiver	53
10.5.2. Tiempo de absorción de plomo en la raíz del vetiver	54
10.5.3. Tiempo de absorción de cadmio en la hoja del vetiver.....	56

10.5.4. Tiempo de absorción del cadmio en la raíz del vetiver	57
10.6. DISCUSIÓN	59
11. IMPACTOS (TÉCNICO, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS):	60
11.1. Impacto técnico	60
11.2. Impacto social	60
11.3. Impactos ambientales	60
11.4. Impactos económicos	61
12. PRESUPUESTO DEL PROYECTO:	61
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:	62
13.1. Conclusiones	62
13.2. Recomendación	63
14. BIBLIOGRAFÍA	64
15. ANEXOS	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Beneficiarios indirectos del proyecto	4
Tabla 2: Coordenadas geográficas	22
Tabla 3: Instrumental para la obtención de la longitud de la planta	28
Tabla 4: Promedios del crecimiento de la raíz cada 15 días durante 180 días	36
Tabla 5: Promedio del desarrollo de la hoja	38
Tabla 6: Tolerancia de plomo y cadmio en el tratamiento V100 y V50.	39
Tabla 7: Peso de la biomasa de la especie vetiver (Vetiveria Zizanioides).	40
Tabla 8: Promedio del plomo en la hoja V100.	41
Tabla 9: Promedio del plomo en la hoja V50	41
Tabla 10: Promedio del plomo en la raíz V100	42
Tabla 11: Promedio del plomo en la raíz V50	42
Tabla 12: Acumulación relativa de plomo en agua del canal y agua potable.	43
Tabla 13: Variación de concentración de plomo en cada parte de la planta.	44
Tabla 14: Promedio del cadmio en la hoja V100	46

Tabla 15: Promedio del cadmio en la hoja V50.....	47
Tabla 16: Promedio del cadmio en la raíz V100.....	47
Tabla 17: Promedio del cadmio en la raíz V50.....	48
Tabla 18: Acumulación relativa de cadmio en agua del canal y agua potable.	48
Tabla 19: Variación de concentración de cadmio en cada parte de la planta.....	49
Tabla 20: Bioacumulación por tratamiento de plomo en los 180 días.....	51
Tabla 21: Bioacumulación de cadmio en los 180 días.....	52
Tabla 22: Absorción de plomo en la hoja del vetiver	53
Tabla 23: Absorción de plomo en la raíz del vetiver	55
Tabla 24: Absorción de cadmio en la hoja del vetiver.....	56
Tabla 25: Resultados de la absorción de cadmio en la raíz durante 180 días.	57
Tabla 26: Presupuesta total de la investigación.	61

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Taxonomía del vetiver	9
Cuadro 2: Condiciones Instrumentales para la lectura de plomo y cadmio en el equipo.	30
Cuadro 3: Parámetros para el análisis. Horno de grafito – programa de calor del horno – Cadmio.	31
Cuadro 4: Parámetros para el análisis. Horno de grafito – programa de calor del horno – Plomo	31
Cuadro 5: Resultados de los análisis iniciales.	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Planta vetiver.....	11
Figura 2: Espectrofotómetro de absorción atómica.	21
Figura 3: Ubicación Geográfica del lugar de la siembra.	23
Figura 4: Delimitación del área.....	23
Figura 5: Foto Tanques con agua.....	26
Figura 6: Recolección de la especie vetiver (Vetiveria zizanioides) en siembra hidropónica, Samanga-Ecuador.....	27
Figura 7: Muestreo de plantas por parcela en dos densidades.	28

Figura 8: Lectura de los estándares para curva de calibración.	31
Figura 9: Procesos para la determinación de concentración de plomo y cadmio.	33
Figura 10: Desarrollo de la especie vetiver en el tratamiento V50 y V100 durante los 180 días de tratamiento.	37
Figura 11: Desarrollo de la hoja en el tratamiento V50 y V100, tanto en agua del canal de Samanga como en agua potable durante 180 días.	38
Figura 12: Acumulación relativa de plomo en la planta en los distintos tratamientos.	43
Figura 13: Porcentaje de absorción de la raíz y hoja de la planta vetiver en tratamiento V100.	45
Figura 14: Porcentaje de absorción de la raíz y hoja de la planta vetiver en tratamiento V50.	45
Figura 15: Acumulación relativa de cadmio en la planta en los distintos tratamientos.	49
Figura 16: Porcentaje de absorción de la raíz y hoja de la planta vetiver en tratamiento V50.	50
Figura 17: Porcentaje de absorción de la raíz y hoja de la planta vetiver en tratamiento V50.	51
Figura 18: Absorción del plomo en los 180 días.	54
Figura 19: Absorción del plomo en la raíz durante 180 días.	55
Figura 20: Absorción del cadmio en la hoja del vetiver durante 180 días.	57
Figura 21: Absorción de cadmio en la raíz del vetiver.	58

ÍNDICE DE ANEXOS.

Anexo 1: Aval de aprobación de idiomas.	67
Anexo 2: Hoja de vida del Tutor.	69
Anexo 3: Hoja de vida del estudiante.	77
Anexo 4: Siembra de vetiver.	79
Anexo 5: Toma de muestras para las medidas, pesaje y análisis.	79
Anexo 6: Medición de raíz y hojas del vetiver.	80
Anexo 7: Picado de partes vegetativas de la planta vetiver.	81
Anexo 8: Molienda de muestras.	82
Anexo 9: Secado de muestras picadas del vetiver.	82
Anexo 10: Codificación de muestras.	83
Anexo 11: Parámetros de calibración para análisis de plomo y cadmio en el equipo.	83

Anexo 12: Análisis de muestras preparadas.	83
Anexo 13: Datos del crecimiento de las hojas de vetiver.	84
Anexo 14: Datos del crecimiento de las raíz de vetiver.	84
Anexo 15: Datos del peso seco de las hojas y raíces en 100 y 50 plantas de vetiver.	85
Anexo 16: Resultados de análisis de plomo.	86
Anexo 17: Resultados de análisis de cadmio.	87
Anexo 18: Análisis de varianza del contenido de plomo en hojas.	88
Anexo 19: Análisis de varianza del contenido de cadmio en hojas.	90
Anexo 20: Análisis de varianza del contenido de plomo en raíz.	90
Anexo 21: Análisis de varianza del contenido de cadmio en raíz.	91

1. INFORMACION GENERAL

Título del Proyecto:

Estudio de la capacidad de la especie Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) en la acumulación de metales pesados en la siembra hidropónica con agua del canal de riego Latacunga – Salcedo - Ambato.

Fecha de inicio:

Octubre 2016

Fecha de finalización:

Agosto 2017

Lugar de ejecución:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Parroquia: Atahualpa

Sector: Samanga

Barrio: San Jorge

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:

Jonathan Damián Aysalla Panchi (Autor)

PhD. María Isabel Ballesteros Redondo (Tutora)

MSc. Patricio Clavijo (Lector 1)

MSc. Paolo Chasi (Lector 2)

Ing. Mg. José Andrade (lector 3)

MSc. Mónica Silva (Ingeniería en Alimentos UTA)

Área de Conocimiento:

Investigación aplicada

Línea de investigación:

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Impactos Ambientales

2. JUSTIFICACION DEL PROYECTO

La purificación de agua mediante especies de plantas acuáticas que permiten que la fitorremediación sea considerada como técnica para estabilizar o reducir la contaminación siendo además una técnica más económica para recuperación de la calidad de agua. Aunque muchas personas piensan inmediatamente en este enfoque en conexión con la remediación del suelo, puede aplicarse tanto al agua superficial como a las aguas subterráneas, suelos, lodos y sedimentos. (Flathman, 1998).

La presencia de metales pesados afecta a toda la biota en general ya que tienen una gran toxicidad, debido a la tendencia de estos elementos a acumularse en los tejidos. El paso por varios niveles de las cadenas tróficas provoca el incremento en la toxicidad de estos elementos y se ha detectado que afectan mucho más a los niveles más altos de estas cadenas, como los seres humanos.

Algunos metales pesados como el hierro, cobre o el zinc, son necesarios para determinados procesos biológicos. El problema surge cuando estos elementos y otros no esenciales como el mercurio se encuentran en concentraciones excesivamente elevadas para los organismos. Los

metales pesados son parte fundamental de los desechos líquidos domésticos, agrícolas e industriales. (Ocampo et al., 2011).

Los metales pesados analizados en este trabajo han sido plomo y cadmio, estos elementos fueron elegidos debido a que son empleados en un gran número de procesos industriales y por lo tanto se los puede hallar en efluentes provenientes de diversas industrias, además estos metales pesados, son peligrosos para la salud ya que se acumulan en el cuerpo humano causando graves enfermedades que a mediano plazo pueden llegar a ser letales.

La gran contaminación que existe en el canal de riego Latacunga – Salcedo – Ambato y el cual proviene principalmente del Río Cutuchi y que al no existir un debido control por parte de las empresas que descargan aguas contaminadas al caudal del río, el GAD 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 tomado la iniciativa de apoyar la ejecución del presente proyecto de fitorremediación, y las investigaciones de laboratorio se realizarán en convenio con la Universidad Técnica De Ambato. (Pozo y Velastegui, 2012)

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

El presente proyecto investigativo tendrá como beneficiarios directos el GAD provincial de Tungurahua.

3.1. Los beneficiarios directos son los siguientes:

- GAD PROVINCIAL DE TUNGURAHUA

3.2. Los beneficiarios indirectos:

Tabla 1: Beneficiarios indirectos del proyecto.

<i>Provincia</i>	<i>Hombres</i>	<i>Mujeres</i>	<i>Total</i>
Samanga	45	63	108
Datos: INEC Listado de riego: módulo Samanga			

Fuente: Equipo de trabajo.

4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACION:

La contaminación de los ríos es una problemática que se agrava con el aumento de la población de las ciudades que han nacido a las orillas de los mismos, el volumen de desperdicios tanto orgánicos, producto de desagües cloacales, como químicos, como consecuencias del desarrollo industrial, se incrementa de manera tal que las aguas del mismo se ven afectadas de tal forma que su composición deja de ser natural, afectando tanto a la fauna y flora que se alimenta de la misma como a los humanos que la beben o viven cerca de la zona. (Escobar, 2002)

En las Provincias de Tungurahua y Cotopaxi los efectos por la contaminación del caudal del canal que recorre a estas dos provincias están a la vista, pero no se han tomado las acciones necesarias para mitigar la contaminación del río. La Corporación de Desarrollo Regional de Cotopaxi, 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.

Hace aproximadamente 25 años se han instalado en las provincias de Tungurahua y Cotopaxi industrias de curtiembre y metal mecánica, las cuales no tienen 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, además que son arrojadas en las orillas o en el caudal del río.

En su trayectoria 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 sus sembríos con estas aguas; los productos de estos sembríos luego son transportados para la venta en ciudades en las distintas ciudades de la Sierra como en algunas ciudades de la región costa principalmente en Guayaquil.(Troya, 2012).

Se debe solucionar la contaminación provocada por el cantón Latacunga, pues en dicho cantón hay un aproximado de 41 industrias entre las que se puede mencionar empresas metalúrgicas, curtiembres, molineras, talleres de ensamblaje, aglomerados, bebidas, procesamiento de carnes, florícolas, plásticos y embutidos, las que son las principales responsables de la afección al río Cutuchi, existiendo de manera similar una cantidad considerable de las empresas antes mencionadas las cuales aportan con sus descargas contaminadas en la provincia de Tungurahua, por lo tanto afectando la calidad de agua del canal.

En 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 por qué 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, Manganeso, Mercurio, Níquel, Zinc.

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 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.(Cesar y Ramiro.,2012)

Además de los efectos para la salud, el deterioro de la calidad del agua del caudal del canal que recorre Latacunga y Ambato, influye directamente sobre una de las actividades principales, como lo es la agropecuaria, favoreciendo que las aguas del canal, utilizadas como fuente de riego para los cultivos, puedan contaminar los alimentos y terrenos cultivados en las cercanías del canal de riego, así como las fuentes de aguas subterráneas, convirtiéndose en una fuente de exposición a metales pesados.

La evidente contaminación de la zona, asociada a los impactos a la salud referidos por los habitantes, hace necesario tener mayor claridad de las condiciones de exposición y del impacto que los metales pesados presentes en el canal de riego que recorre Latacunga y Ambato, realmente están ejerciendo un efecto sobre la salud de los moradores. (Bustamante, 2012)

5. OBJETIVOS:

5.1. General

- Estudiar la capacidad de la especie Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) en la absorción de metales pesados de aguas residuales (Pb y Cd).

5.2. Específicos

- Monitorear el nivel de crecimiento de la planta Vetiver en agua potable y agua del canal de riego.
- Cuantificar la capacidad de absorción en las hojas y raíz del Vetiver en metales pesados.
- Identificar el tiempo de mayor capacidad de absorción de los metales Pb y Cd de la planta Vetiver.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACION A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS:

Actividad		Resultado de la actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
Objetivo 1	A) Se controló el nivel de crecimiento de la planta Vetiver en el agua potable y el agua del canal de riego midiendo su tamaño de crecimiento.	Se conoció por medio del monitoreo de la planta como afecta en su crecimiento en el agua del canal de riego a diferencia de las plantas que se encuentren con agua potable.	Se revisaron los datos que obtenidos de las mediciones que se realizaron en distintos periodos de tiempo para posteriormente comparar los resultados y diferenciar como actúa la planta en las distintas siembras hidropónicas.
Objetivo 2.	A) Se realizó los análisis de laboratorio para actualizar los datos de la presencia de Cd y Pb. B) Se realizó el diseño estadístico mediante la curva de absorción de plomo y cadmio en el canal de riego en el sector Samanga.	Se determinó la capacidad de absorción de Plomo y Cadmio en el Vetiver.	Para la evaluación se utilizó el programa Excel. Se sustrajeron muestras del cultivo hidropónico para analizar la capacidad de absorción y comparamos con el tiempo de cultivo. El programa Excel nos permitió tabular los resultados que arrojó el equipo de absorción atómica y de esta manera se pudo evaluar el nivel de absorción de los metales del agua transcurrido el tiempo del proyecto.
Objetivo 3	A) Se comparó la absorción de la planta Vetiver en los dos tiempos estudiados para de esta manera definir en qué periodo de crecimiento de la planta es más eficiente la absorción.	Se identificó el periodo en el cual la planta tiene más capacidad de captación de metales pesados (Pb y Cd).	Se revisó la bibliografía y comparamos las tablas y curvas para conocer el periodo en el cual la planta capta más metales pesados en hojas y raíz.

Elaborado por: Jonathan Aysalla, 2017

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTIFICO TECNICA

7.1. Descripción del Vetiver

Cuadro 1: Taxonomía del vetiver

Reino:	Plantae
<i>División:</i>	<i>Magnoliopyta</i>
<i>Clase:</i>	<i>Liliopsida</i>
<i>Subclase:</i>	<i>Liliidae</i>
<i>Orden:</i>	<i>Poales</i>
<i>Familia:</i>	<i>Poaceae</i> <i>(Gramíneas)</i>
<i>Tribu:</i>	<i>Andropogoneae</i>
<i>Genero:</i>	<i>Vetiveria</i>
<i>Especie:</i>	<i>Zizanioides</i>

Elaborado por: Cují Katherine y Jonathan Aysalla

La planta de Vetiver es una gramínea perenne, parecida a la hierba luisa 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° C desde el nivel del mar hasta los 2500 metros sobre el nivel del mar (msnm).(Orihuela, 2007)

El vetiver puede acumular metales pesados, plomo particular (disparar 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 adecuadas para fitoestabilización, y para la fitoextracción con la adición de agentes quelantes. Vetiver también puede absorber y promover la biodegradación de los desechos orgánicos (trinitrotolueno, fenol, bromuro de etidio, 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 vetiver una planta de elección para la fitorremediación de metales pesados y residuos orgánicos. (Percy yToung 2005)

Gramínea, subfamilia Panicoindae y dentro de estas el pasto vetiver (*Vetiveriazizanioides*) 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. (Paul, 2009)

La planta de vetiver es una gramínea perenne, parecida a la hierba luisa de tupidos penachos, con inflorescencia y semilla estériles que se reproducen con dificultad.

Es Serófila como Hidrófila, lo cual la hace altamente resistente a prolongadas sequías de hasta 45 días, y en zonas de altas precipitaciones crece en condiciones normales. Crecer en cualquier tipo de suelo, sin importar la fertilidad, el PH o salinidad del sitio, se adapta a climas de temperaturas que van de 9°C a 45°C, en zonas de precipitación media anual entre 20 y 600 mm, y en alturas de 0 a 3.600 metros sobre el nivel del mar. Sus raíces por su alto contenido aromático son usadas paulen la industria farmacéutica para la extracción de aceites esenciales y fabricación de perfumes. (Cesar y Ramiro, 2012)

Sus hojas son usadas como materias primas en la elaboración de artesanías, artículos de decoración y como material para techar viviendas rusticas, 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

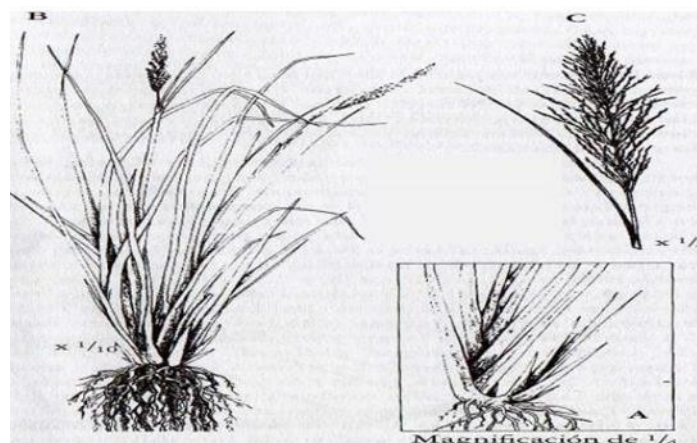
contaminación atmosférica, ya que las que se están usando en la actualidad, que son derivados del petróleo, ocasionan daños enormemente grandes a la atmósfera y se reduce el nivel de oxígeno en el planeta, ocasionando cambios climáticos muy drásticos que alteran el ciclo de la vida productiva del planeta y atentan contra los recursos naturales como el agua y los suelos, así como también el buen vivir de los seres humanos.(Corte, et al., 2011)

El vetiver tiene las hojas 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 pululantes. (Hrideek y Raghu., 2015)

7.2. Morfología del Vetiver

Figura 1: Planta vetiver.



Fuente: Julio Alegre Orihuela Ing. Agrónomo, MS, PhD. Diciembre 2007

A pesar de que 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.(Orihuela, 2007)

7.3. Utilidades principales del vetiver:

- Barrera contra la Erosión.
- Cortavientos.
- Formación de bancales vivos y naturales.
- Prevención de corrimientos de tierras y desastres naturales.
- Control polución 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.

(Pérez, 2008)

7.4. Metales pesados

Metales pesados son aquellos cuya densidad es por lo menos cinco veces mayor que la del agua. Tienen aplicación directa en numerosos procesos de producción de bienes y servicios. Los más importantes son:

Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Estaño (Sn) y Zinc (Zn).

Metales tóxicos son aquellos cuya concentración en el ambiente puede causar daños en la salud de las personas. Los términos metales pesados y metales tóxicos se usan como sinónimos, pero sólo algunos de ellos pertenecen a ambos grupos. Algunos metales son indispensables en bajas concentraciones, ya que forman parte de sistemas enzimáticos, como el cobalto, zinc, molibdeno, o como el hierro que forma parte de la hemoglobina. Su ausencia causa enfermedades, su exceso intoxicaciones. (Fergusson, 1990)

Hay una infinidad de 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 a la (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 (ONU), ha reportado que el agua contaminada causa el 80% de las enfermedades del mundo por contaminación de metales pesados. (Ansola, 2003)

7.5. Fuentes generadoras de plomo y cadmio

7.5.1. 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. (Gordillo y Muñoz, 2011)

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. (Navarro y Lopez, 2007).

7.5.2. Cadmio

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. (Navarro y Lopez, 2007).

a) Fuentes naturales

Debido que 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.

b) Fuentes antrópicas

Galvanotecnia, como catalizador (hidrogenación y síntesis de metano), en la fabricación de esmaltes y en sintetización: se usa óxido de cadmio. Fabricación de electrodos negativos de baterías de Níquel-cadmio, pilas y galvanotecnia: se usa Hidróxido de cadmio. Fotografía, tintorería y absorbente de H₂S: se usa cloruro de cadmio. Como pigmento amarillo, en pinturas y vidrio: se usa sulfuro de cadmio.

7.6. Fuentes generadoras de Cadmio Fuentes naturales

Debido que 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.

7.7. Plomo y Cadmio en Ecuador

7.7.1. Plomo

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)

7.7.2. Cadmio

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)

7.8. 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 computo
- 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)

7.9. Fitorremediación 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.

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 (*Eichhorniacra ssipes*) 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).

Biorremediadoraes un proceso natural de biodegradación que produce una alta tasa de crecimiento poblacional y una alta capacidad para extraer, acumular, transformar, degradar o volatilizar contaminantes (Duilio, 2010).

7.9.1. Australia

En Australia los residuos de las 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 en 2004 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. (Truong, 2004)

7.9.2. China

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. (Ash y Truong, 2003)

7.9.3. Costa Rica

En Costa Rica las barreras de Vetiver en plantaciones de cítricos también han mostrado una gran utilidad en la retención de suelo, incremento de materia orgánica, disminución de las escorrentías e erosión laminar, incremento de la fertilidad del suelo y protección contra el viento lo que se ha traducido en un incremento en la calidad de la producción. (Delgadillo y Gonzales 2011).

7.9.4. Centroamérica

En Centroamérica la principal utilidad de esta planta siempre ha sido muy manifiesta, en los desastres naturales que han azotado Centroamérica se ha constatado fehacientemente la capacidad de las barreras de vetiver para mantener sujeta la tierra, previniendo deslizamientos que han sido muy frecuentes y dañinos en las áreas sin cobertura vegetal apropiada. (Garbisu, et al, 2007).

7.9.5. El Salvador, Filipinas y Tanzania

En el Salvador, Filipinas y Tanzania después de una evaluación de los diferentes resultados, más del 80% de los granjeros que se animaron a efectuar plantaciones de prueba con el vetiver continuaban usándolo después de tres años. (Percy y Truong2005)

7.9.6. Tailandia

En Tailandia las 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 sustancias 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.

7.10. Herramientas de análisis

7.10.1. Deshidratador

Esta máquina seca las muestras de la raíz y hojas del vetiver para posteriormente poder guardarlas.

7.10.2. El molino

En este implemento triturara las muestras para posteriormente colocarlas en fundas plásticas etiquetadas y aislarlas de cualquier agente externo.

7.10.3. Balanza automática

Permite pesar las muestras en un aproximado a 1 gramo de peso el cual será la muestra para su estudio.

7.10.4. Software past 3.0

Por medio de este software diseñara las curvas de calibración las cuales nos darán estadísticamente los resultados que se encuentran captados por la planta en la raíz y las hojas.

7.10.5. Espectrofotómetro

El espectrofotómetro es uno de los instrumentos para utilizados en la física óptica, el cual sirve para medir la longitud de onda, así como la relación entre valores de una misma magnitud fotométrica. El espectrofotómetro es regularmente utilizado para la cuantificación de microorganismos y sustancias en los laboratorios de química.

7.10.6. Principales tipos de espectrofotómetros

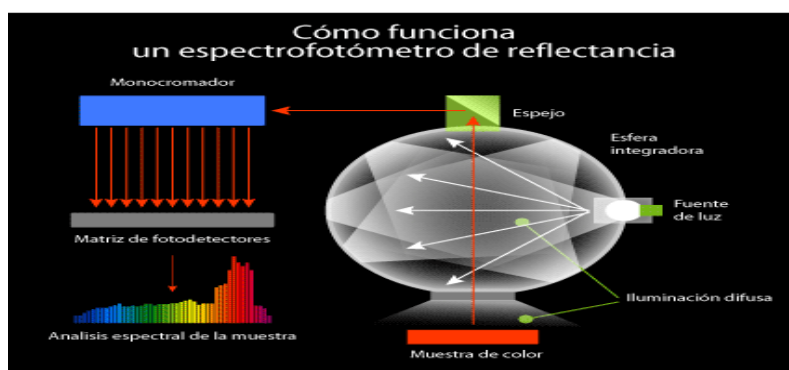
Existen varios tipos de espectrofotómetros, entre los cuales se encuentran:

- Espectrofotómetros de absorción atómica
- Espectrofotómetro de masa
-

7.10.7. Espectrofotómetros de absorción atómica

Por medio del Espectrofotómetros de absorción atómica y en aplicación de flama se determinará el porcentaje de cadmio y plomo que se absorbe en las distintas partes de una planta.

Figura 2: Espectrofotómetro de absorción atómica.



Fuente: Stephen Westland, 2001.

El funcionamiento de un espectrofotómetro consiste básicamente en iluminar la muestra con luz blanca y calcular la cantidad de luz que refleja dicha muestra en una serie de intervalos de longitudes de onda. Lo más usual es que los datos se recojan en 31 intervalos de longitudes de onda (los cortes van de 400 nm, 410 nm, 420 nm... 700 nm). Esto se consigue haciendo pasar la luz a través de un dispositivo monocromático que fracciona la luz en distintos intervalos de longitudes de onda. El instrumento se calibra con una muestra o loseta blanca cuya reflectancia en cada segmento de longitudes de onda se conoce en comparación con una superficie de reflexión difusa perfecta.

La reflectancia de una muestra se expresa como una fracción entre 0 y 1, o como un porcentaje entre 0 y 100. Es importante darse cuenta de que los valores de reflectancia obtenidos son valores relativos y, para muestras no fluorescentes, son independientes de la calidad y cantidad de la luz usada para iluminar la muestra. Así, aunque los factores de reflectancia se midan usando una fuente de luz concreta, es perfectamente correcto calcular los valores colorimétricos para cualquier iluminante conocido. (Westland, 2011).

8. PREGUNTAS CIENTIFICAS O HIPOTESIS:

8.1. Hipótesis afirmativa:

La especie *Vetiveria zizanioides* (Vetiver) tiene capacidad de absorción de metales pesados (plomo y cadmio).

8.2. Hipótesis nula:

La especie *Vetiveria zizanioides* (Vetiver) no tiene capacidad de absorción de metales pesados (plomo y cadmio).

9. METODOLOGÍA:

9.1. Sitio de Estudio.

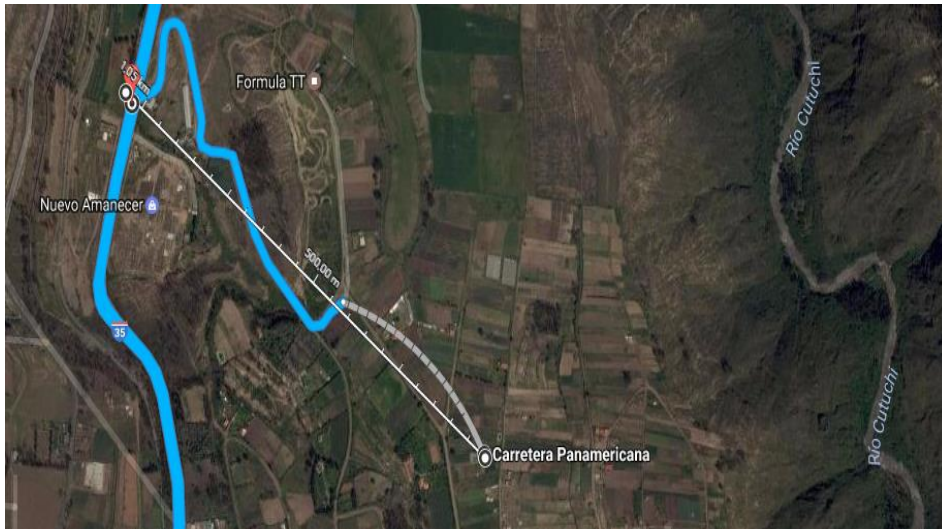
El proyecto de investigación se encuentra ubicado está ubicado a 1.05 kilómetros de Salcedo en el catón Ambato sector Samanga barrio San Jorge, ubicada en las coordenadas que se encuentran en la tabla 2 y la figura 3.

Tabla 2: Coordenadas geográficas

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

Fuente: GOOGLE EARTH (2017)

Figura 3: Ubicación Geográfica del lugar de la siembra.



Fuente: GOOGLE EARTH (2017)

9.2. Delimitación del área de estudio.

Para la implementación de los ensayos se delimitó un espacio de 10 metros de largo por 10 metros de ancho, incluidos caminos internos de 0,50 metros y está distribuido en 3 filas de tanques de siembra hidropónica con medidas de 80 cm x 4m, como se muestra en la figura 4.

Figura 4: Delimitación del área.



Fuente: GOOGLE EARTH (2017)

9.3. Materiales

9.3.1. Materiales de campo:

- GPS.
- Cinta métrica
- Estacas
- Píolas
- Azadón
- Rastrillo
- Pala
- Tanques
- Alambre
- Tubos

9.3.2. Materiales para la siembra de especies:

Plántulas de la especie vetiver (*Vetiveria zizanioides*), cantidad de plantas 100 y 50 en agua potable y del río

- Tanques
- Guantes.
- Alambre.
- Mallas.
- Pingos.
- Tubos.
- Bombas.
- Recipientes.
- Piola.
- Espuma flex.

- Cinta métrica.

9.3.3. Materiales para la obtención de las sub-muestras.

- Tijeras.
- Fundas ziploc.
- Pesa.
- Etiquetas.
- Cinta métrica.

9.3.4. Materiales para tabulación de resultados y estadística.

- Excel
- Past 3.0

9.4. Método de siembra hidropónica para la especie vetiver (*Vetiveria zizanioides*)

Se realizó tomando en consideración los criterios y aspectos técnicos sugeridos por los profesionales y aplicando el método de siembra hidropónica con recirculación.

1. Se emplearon 12 tanques de 100 litros de agua con un radio de 40 cm de los cuales 6 contenían agua del río de Samanga y los otros 6 restantes agua potable (figura 5).

2. Dentro de los tanques con ayuda de la espuma Flex se sembraron las plantas.

Figura 5: Foto Tanques con agua.



Elaborado por: Jonathan Aysalla (2017)

3. Dentro de cada tanque se introdujo la cantidad de 100 o 50 plantas, teniendo 3 repeticiones por tratamiento. Se sembraron 3 tanques con 50 plantas creciendo en agua potable y 3 tanques con 50 plantas creciendo en agua del canal. A estos tanques nos referimos como V50. Por otro lado, se sembraron 3 tanques con 100 plantas en agua potable y otros 3 con 100 plantas en agua del canal. A estos tanques nos referimos como V100.
4. Cada tratamiento se dotó de un sistema de recirculación de agua para evitar contaminación de otros agentes.
5. Cubrimos las plantas con mallas para una adaptabilidad más efectiva de la planta.
6. La adaptación inicial se da de 15 a 20 días.

9.5. Recolección del vetiver (*Vetiveria zizanioides*)

Se realizó la recolección de la panto vetiver de los tanques de la siembra hidropónica realizada en el Sector Samanga barrio San Jorge de la provincia de Tungurahua, cantón Ambato, tal como se aprecia en la figura 6.

La biomasa de la especie vetiver (*Vetiveria zizanioides*) para la toma de datos y análisis de metales se recolectó en 3 tiempos distintos:

- T0 es el tiempo en el cual partimos el proceso de extracción de muestras para los análisis.
- T1 se encuentra referido a la extracción de muestra para el análisis después de 90 días después de la siembra.
- T2 es la extracción de muestras para el análisis de los 180 días después de la siembra

Tras cada recolección de material vegetal se colocó en bolsas de plástico y se procedió a su traslado al laboratorio de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos perteneciente a la Universidad Técnica de Ambato, en el sector de Guachi Grande, en la ciudad de Ambato, en donde se almacenaron en bolsas de polietileno limpias, estériles y adecuadamente etiquetadas para su respectivo análisis de plomo y cadmio en el laboratorio de Análisis Instrumental (UODIDE – ICIA, Proyecto Canje de Deuda).

Figura 6: Recolección de la especie vetiver (*Vetiveria zizanioides*) en siembra hidropónica, Samanga-Ecuador.



Fuente: Jonathan Aysalla, 2017

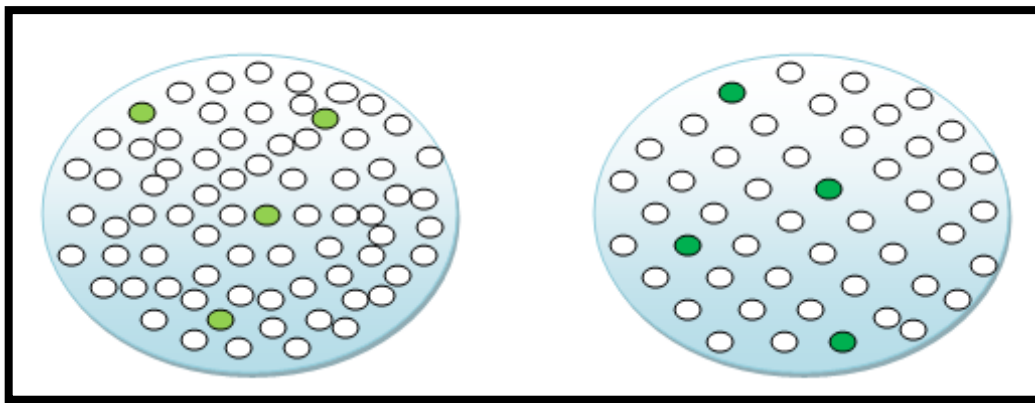
Para la recolección de material se tomaron muestras compuestas para lo cual se procedió de la siguiente manera:

1. En cada tiempo de muestreo se removieron 6 plantas al azar de cada tratamiento.
2. Las plantas fueron pesadas y medidas individualmente, como se observa en la figura 7.
3. Las muestras tomadas de cada tratamiento se mezclaron para formar una muestra unitaria de cada densidad.

9.6. Dinámica de crecimiento:

Se realizó un monitoreo continuo de los ensayos haciendo mediciones cada 15 días obteniéndose información sobre el desarrollo de la planta midiendo el tamaño de la raíz y de la parte aérea. Para cada análisis se tomó la cantidad de 24 plantas, 6 plantas por densidad tomadas al azar, figura 7.

Figura 7: Muestreo de plantas por parcela en dos densidades.



Fuente: Jonathan Aysalla, 2017

Para la determinación del crecimiento se requieren los siguientes instrumentos.

Tabla 3: Instrumental para la obtención de la longitud de la planta

Ítems	Cantidad
Bandeja	1
Paquete de fundas plásticas	1
Cinta métrica	1

Fuente: Jonathan Aysalla, 2017

9.7. Análisis de laboratorio

Para poder cumplir los objetivos planteados se requirió realizar un análisis en laboratorio como se presenta en el punto siguiente.

9.7.1. Tratamiento preliminar del material vegetal.

Una vez sembrado el vetiver en el cultivo hidropónico, se procedió a sacar muestras del vetiver de los tanques y transportarlos al laboratorio de la Facultad de Ciencias en Alimentos en la Universidad Técnica de Ambato, para proceder con la preparación de muestras de análisis.

Se pesó el material vegetal para obtener el peso fresco total, y luego se procedió a cortar la planta en pedacitos no mayor a 1 cm, que fueron llevadas a una estufa a 60°C durante 2 días hasta su secado.

Finalmente se procedió a triturar la raíz y hojas del vetiver con la ayuda de un molino, hasta lograr el mínimo tamaño de partícula, y se colocó el polvo del vetiver en los crisoles para ubicarlos correctamente etiquetados en el desecador.

9.7.2. Digestión ácida en biomasa.

Se pesó 1 mg de la planta seca en un vaso de digestión dentro de una balanza analítica marca METTLER TOLEDO (figura 9), luego dentro del flujo laminar del laboratorio, se añadió 0.25 ml de ácido nítrico y a 0.50 ml de ácido clorhídrico al 67 %, se mezcló y se dejó reposar por 5 minutos aproximadamente.

Luego se procedió al aforo en el balón de destilación con 25 ml de agua destilada, una vez aforadas las muestras se procedió a filtrar un mililitro de muestra usando un filtro de 0.45 mm.

9.7.3. Determinación de plomo y cadmio en muestra vegetal en el medio de cultivo con horno de grafito.

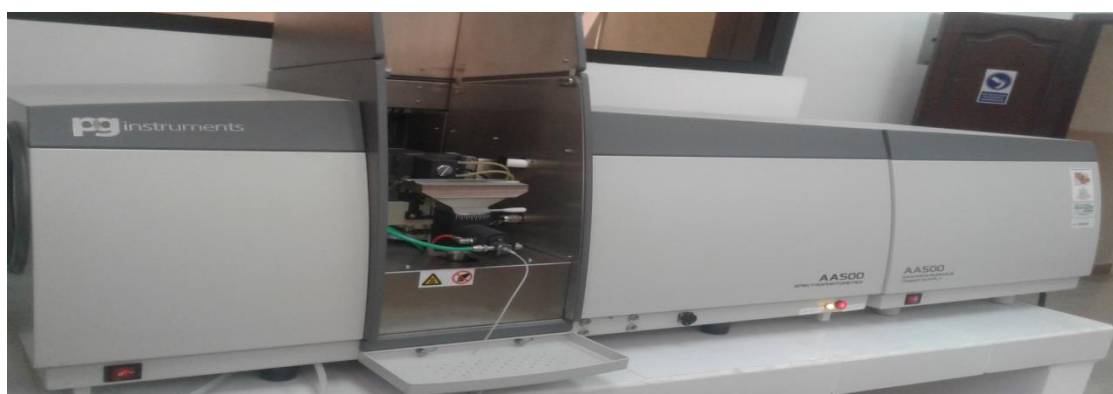
Se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica equipado con un atomizador de horno de grafito PG-INSTRUMENT – AA500 (figura 8) para determinar los metales pesados de interés. Para ello se necesitará el conocimiento de las siguientes tablas donde se reportan los parámetros para análisis de plomo y cadmio en el equipo de absorción atómica con horno de grafito.

Cuadro 2: 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.)

Figura 8: Lectura de los estándares para curva de calibración.



Fuente: Aysalla Panchi Jonathan Damián, 2017

Cuadro 3: Parámetros para el análisis. Horno de grafito – programa de calor del horno – Cadmio.

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

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

Cuadro 4: Parámetros para el análisis. Horno de grafito – programa de calor del horno – Plomo

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

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

Todo el material a utilizarse se lavó como se indica a continuación:

- a) Agua más desinfectante, posteriormente, se enjuagó con abundante agua destilada.
- b) Se colocó el material en ácido nítrico durante 1 día completo.
- c) Por último, se enjuagó nuevamente con agua destilada.
- d) Se utilizó equipo de seguridad adecuado (mascarilla contra vapores y gases ácidos, guantes resistentes a ácido, gafas de protección).

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 HNO₃ 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 que contenga agua destilada en HNO₃ al 1%. La curva de calibración fue leída cada vez que se analizan las muestras.

Para la preparación de las muestras de análisis se siguieron los siguientes procesos (figura 9):

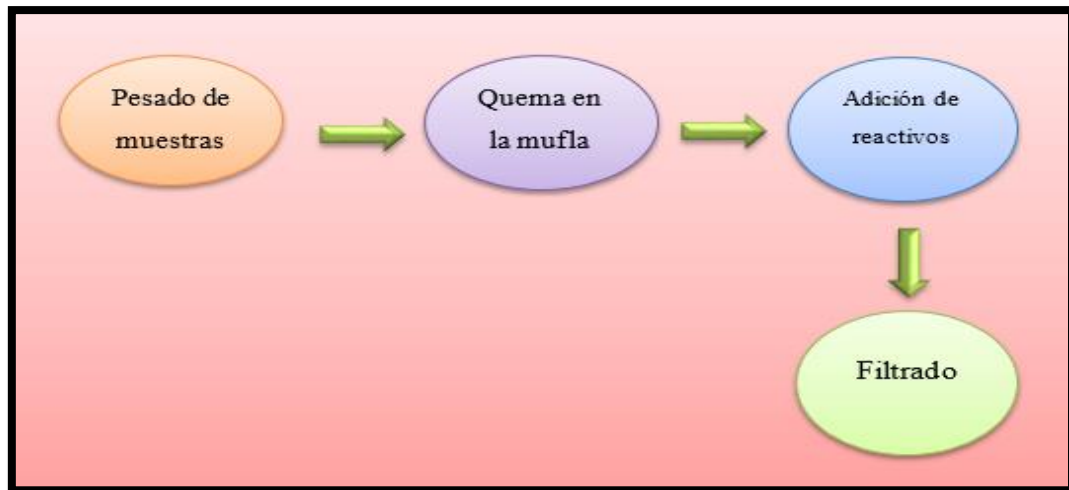
El pesaje de muestras molidas: una vez molidas las muestras se procede a pesar 1 gr de muestra en la balanza analítica y se las etiqueto.

Quema en la mufla: pesadas las muestras se procede a convertir las muestras en cenizas en la mufla.

Adición de reactivos: se procedió a mezclar las muestras con ácido clorhídrico 0.25 ml y el ácido nítrico a 0.50 ml.

Filtración: el proceso de filtración es muy importante ya que nos sirve para retirar sobrantes de la ceniza que no se disuelve con los reactivos.

Figura 9: Procesos para la determinación de concentración de plomo y cadmio.



Fuente: Aysalla Panchi Jonathan Damián, 2017

9.8. Cuantificación de la concentración de plomo y cadmio absorbida por la especie vetiver (*Vetiveria zizanioides*).

9.8.1. Acumulación de plomo y cadmio en cada uno de los tejidos.

La acumulación nos permite conocer el almacenamiento en cantidad de plomo y cadmio en una determinada sección de la planta, debido a su relación con la cantidad de biomasa producida.

El porcentaje de acumulación se determinó con la siguiente fórmula. (Rodríguez,2006)

$$\% = \frac{(Cn \text{ tejido} * Ps \text{ tejido})}{(Cn \text{ raíz} * Ps \text{ raíz}) + (Cn \text{ hoja} * Ps \text{ hoja})} * 100$$

Cn raíz= concentración del elemento: es la cantidad de Plomo y cadmio presente en la raíz de la planta obtenida en base a los análisis realizados en el laboratorio.

Cn tejido= concentración de plomo y cadmio en 1 gr de muestra del tejido correspondiente.

Psraiz= es el peso la raíz de la planta luego de haber sometido al secado

Ps tejido= peso seco del tejido

Cn hoja= es la cantidad de Plomo y cadmio presente en la hoja de la planta (análisis realizados)

Ps hoja= es el peso la hoja de la planta luego de haber sometido al secado

9.8.2. Índice de tolerancia

El índice de tolerancia a la presencia de plomo y cadmio para cada parte vegetativa en estudio, se determinó relacionando la elongación de las raíces de la planta que crecieron en el medio con plomo y cadmio con las plantas que crecieron en ausencia de contaminantes, el índice de tolerancia se cuantifico con la siguiente ecuación.

$$IT = \frac{Lgm}{Lgs} * 100$$

Lgm= longitud de la raíz en medio con metal: es la longitud de la raíz en el cultivo con contaminante.

Lgs= longitud de la raíz sin metal: es la longitud de la raíz en el cultivo sin contaminante.

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS:

10.1. Descripción del Área de Estudio:

Ubicación:

El área utilizada en el proyecto de investigación está ubicada en las siguientes coordenadas: 1°10'29.4"S, 78°34'47.1"W, comprendiendo un espacio de 10 m², incluidos caminos internos

de 0,50 m, distribuidos en 2 densidades en tanques con medidas de 0.40m de radio cada una de ellas.

10.2. Resultado de análisis del agua utilizados en la siembra hidropónica.

En el cuadro se muestra los resultados del plomo y cadmio existentes al inicio del proyecto en la siembra hidropónica en el agua del canal.

Cuadro 5: Resultados de los análisis iniciales.

N° Tanque	Cantidad de contaminante expresado en mg/l	
	Cadmio (mg/L)	Plomo (mg/L)
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)

10.3. Crecimiento de la especie vetiver (*Vetiveria zizanioides*) en agua del río Samanga y agua potable.

Para conocer el desarrollo de la planta tomamos 26 plantas a la azar de los testigos y de los tratamientos V50 y V100 obteniendo los datos del crecimiento de la raíz y la hoja en el agua potable y en el agua del río en Samanga durante los 180 días de la investigación.

10.3.1 Desarrollo de la raíz del vetiver

En la tabla 4 encontramos el promedio de las mediciones de la raíz tanto del testigo y de los tratamientos V50 y V100.

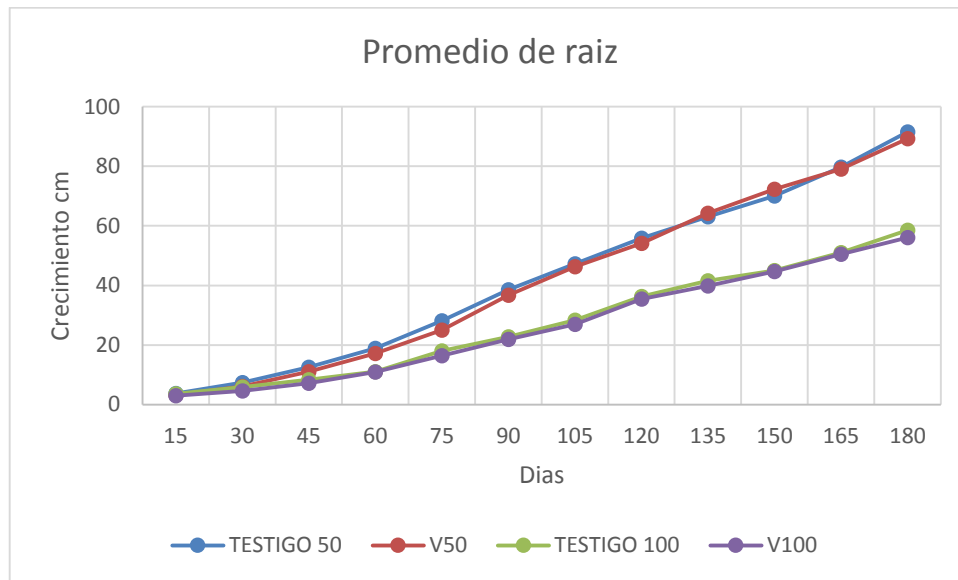
Tabla 4: Promedios del crecimiento de la raíz cada 15 días durante 180 días.

PROMEDIO DE LA RAIZ (cm)												
DIAS	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
TESTIGO V50	3,7	7,4	12,5	18,9	28,1	38,6	47,3	55,9	63,1	70,1	79,7	91,6
CANAL V50	3,2	6,1	11	17,2	25	36,7	46,3	54,1	64,2	72,3	79,1	89,3
TESTIGO 100	3,6	5,9	8,3	11,0	18,0	22,8	28,3	36,3	41,6	45,0	51,0	58,6
CANAL V100	3	4,6	7,2	10,9	16,4	21,9	26,9	35,4	39,8	44,7	50,5	56,1

Elaborado por: Jonathan Aysalla (2017)

En la figura 10 observamos la dinámica de crecimiento de los tratamientos V50 y V100 como también el crecimiento de los testigos, medidas tomadas cada 15 durante 9 meses.

Figura 10: Desarrollo de la especie vetiver en el tratamiento V50 y V100 durante los 180 días de tratamiento.



Elaborado por: Jonathan Aysalla (2017)

Podemos observar en la figura 10 que existe una diferencia notable en el crecimiento de la raíz de la planta vetiver entre las distintas densidades, pero no existen grandes diferencias entre el crecimiento en las dos calidades de agua, creciendo más la raíz en los tanques con menor cantidad de plantas. Hacemos la comparación de medias de cada tratamiento mediante el test ANOVA comprobando que existen diferencias significativas entre las plantas de tanques con distinto número ($p < 0.05$), sin embargo, no existen diferencias entre las plantas creciendo en tanques de la misma densidad con distinto tipo de agua ($p > 0.05$)

10.3.2. Desarrollo de la hoja del vetiver

En la tabla 5 tenemos el promedio del desarrollo de la hoja de planta vetiver durante los 180 días de la investigación en periodos de 15 días tomados tanto en los testigos como en los tratamientos.

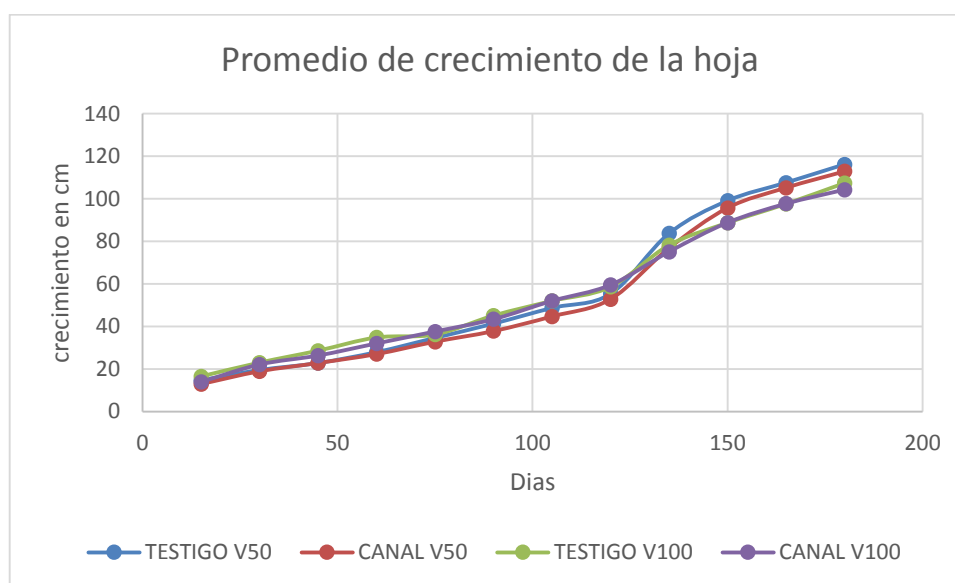
Tabla 5: Promedio del desarrollo de la hoja.

PROMEDIO DE LA HOJA (cm)												
DIAS	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
TESTIGO V50	14,7	19,5	22,8	27,9	34,6	41,3	48,7	55,3	83,7	99,1	107,6	116,2
CANAL V50	12,9	18,9	22,8	27	32,8	37,8	44,7	52,8	76,8	95,7	105,2	112,9
TESTIGO V100	16,5	23,0	28,6	34,8	36,2	45,1	52,0	58,6	78,2	88,7	97,6	107,4
CANAL V100	13,9	22,1	26,3	32	37,6	43,4	52	59,5	75,1	88,8	97,7	104,3

Elaborado por: Jonathan Aysalla (2017)

A continuación, en la figura 11 podemos observar el crecimiento de la hoja de la planta vetiver desde el tiempo cero hasta los 180 del periodo de investigación, cada 15 días.

Figura 11: Desarrollo de la hoja en el tratamiento V50 y V100, tanto en agua del canal de Samanga como en agua potable durante 180 días.



Elaborado por: Jonathan Aysalla (2017)

Podemos observar en la figura 11 que no existen grandes diferencias entre el crecimiento de la hoja en las dos calidades de agua, creciendo de forma similar la hoja en los tanques con las distintas cantidades de plantas. Hacemos la comparación de medias de cada tratamiento

mediante el test ANOVA comprobando que no existen diferencias significativas entre las plantas de tanques con distinto número ($p>0.05$), de igual manera, no existen diferencias entre las plantas creciendo en tanques de la misma densidad con distinto tipo de agua ($p>0.05$).

10.3.3. Índice de tolerancia

Comprobamos que la planta vetiver (*Vetiveria zizanioides*) se ha adaptado con gran facilidad al tipo de clima que le ofrece el país principalmente en el sector Samanga ya que no se detecta mortalidad entre las plantas sembradas. El cálculo del índice de tolerancia (tabla 6) nos indica que la planta presenta el 100% de tolerancia en V50 y V100 en agua potable y en agua de canal en V50 el índice de tolerancia es de 92% mientras que en V100 el índice de tolerancia es de 93%.

Tabla 6: Tolerancia de plomo y cadmio en el tratamiento V100 y V50.

Elemento	Tolerancia %
Testigo	100%
Tratamiento V100	92%
Tratamiento V50	93%

Elaborado por: Jonathan Aysalla (2017)

Estos datos muestran la capacidad de crecimiento de la planta en siembra hidropónica en presencia de metales pesados.

10.3.4. Biomasa

En base a los resultados obtenidos por el pesaje realizado en la balanza analítica, de cada muestra en cada uno de los tratamientos y luego promediado, el pesaje en tiempo inicial (tiempo inicial 3 días después de la siembra), y T2 (tiempo final 180 días después de la siembra) se

obtuvieron los siguientes datos correspondientes a biomasa total en gramos las cuales se encuentran en la siguiente tabla 7.

Estos datos se utilizaron para calcular el porcentaje de acumulación de los metales en cada tejido.

Tabla 7: Peso de la biomasa de la especie vetiver (*Vetiveria Zizanioides*).

Elementos	Biomasa T0		Biomasa T1		Biomasa T3		Unidad	Numero de vetiver
	Raíz	Hoja	Raíz	Hoja	Raíz	Hoja		Total
Testigo 50	4,2	3,6	8,1	6,9	10,8	15,1	gr	6 plantas
Testigo 100	3,1	2,4	5,6	6,0	8,3	14,1	gr	6 plantas
Tratamiento 50	6,1	3,1	7,5	6,1	8,1	13,7	gr	6 plantas
Tratamiento 100	4,3	2,3	5,1	5,1	6,8	10,6	gr	6 plantas

Elaborado por: Jonathan Aysalla (2017)

10.4. Porcentaje de absorción de Pb y Cd en la planta vetiver.

10.4.1. Concentración de plomo

De acuerdo a la formula implementada en la metodología pudimos obtener los siguientes resultados para la concentración de plomo en la raíz y hoja de la planta.

A continuación, observaremos las tablas en las cuales se encuentran los promedios de plomo que se detectaron en las hojas y raíz del Vetiver en las densidades por medio de los análisis en el espectrofotómetro de absorción atómica.

En la tabla 8 se muestran los promedios de plomo en la hoja en la densidad V100 con agua del canal de Samanga y el agua potable.

Tabla 8: Promedio del plomo en la hoja V100.

PLOMO HOJAS 100		CORRIDA 1 (mg/kg tejido)	CORRIDA 2 (mg/kg tejido)	CORRIDA 3 (mg/kg tejido)	PROMEDIO (mg/kg tejido)
Testigo	03/11/2016	0,072	0,036	0,027	0,045
	03/02/2017	-	-	-	-
	03/05/2017	0,093	0,076	0,093	0,088
Agua canal	03/11/2016	0,072	0,036	0,027	0,045
	03/02/2017	0,115	0,132	0,115	0,121
	03/05/2017	0,253	0,253	0,244	0,250

Elaborado por: Jonathan Aysalla (2017)

En la tabla 9 se muestran los promedios de plomo en la hoja en la densidad V50 con agua del canal de Samanga y el agua potable.

Tabla 9: Promedio del plomo en la hoja V50

PLOMO HOJAS 50		CORRIDA 1 (mg/kg tejido)	CORRIDA 2 (mg/kg tejido)	CORRIDA 3 (mg/kg tejido)	PROMEDIO (mg/kg tejido)
Testigo	03/11/2016	0,072	0,036	0,027	0,045
	03/02/2017	0,077	0,043	0,043	0,054
	03/05/2017	0,110	0,110	0,110	0,110
Agua canal	03/11/2016	0,072	0,036	0,027	0,045
	03/02/2017	0,247	0,273	0,247	0,256
	03/05/2017	0,367	0,358	0,367	0,364

Elaborado por: Jonathan Aysalla (2017)

En la tabla 10 se muestran los promedios de plomo en la raíz en la densidad V100 con agua del canal de Samanga y el agua potable.

Tabla 10: Promedio del plomo en la raíz V100

PLOMO RAÍZ 100		CORRIDA 1 (mg/kg tejido)	CORRIDA 2 (mg/kg tejido)	CORRIDA 3 (mg/kg tejido)	PROMEDIO (mg/kg tejido)
Testigo	03/11/2016	0,059	0,067	0,067	0,064
	03/02/2017				
	03/05/2017	0,098	0,123	0,123	0,114
Agua de canal	03/11/2016	0,059	0,067	0,067	0,064
	03/02/2017	0,278	0,329	0,312	0,306
	03/05/2017	0,482	0,534	0,534	0,517

Elaborado por: Jonathan Aysalla (2017)

En la tabla 11 se muestran los promedios de plomo en la raíz en la densidad V50 con agua del canal de Samanga y el agua potable.

Tabla 11: Promedio del plomo en la raíz V50

Plomo raíz 50		CORRIDA 1 (mg/kg tejido)	CORRIDA 2 (mg/kg tejido)	CORRIDA 3 (mg/kg tejido)	PROMEDIO (mg/kg tejido)
Testigo	03/11/2016	0,059	0,067	0,067	0,064
	03/02/2017	0,099	0,099	0,091	0,096
	03/05/2017	0,172	0,163	0,163	0,166
Agua de canal	03/11/2016	0,059	0,067	0,067	0,064
	03/02/2017	0,503	0,528	0,494	0,509
	03/05/2017	0,662	0,687	0,687	0,679

Elaborado por: Jonathan Aysalla (2017)

A continuación, observamos la tabla 12 de acumulación relativa de plomo en agua potable y en agua simple en T2 (180 días).

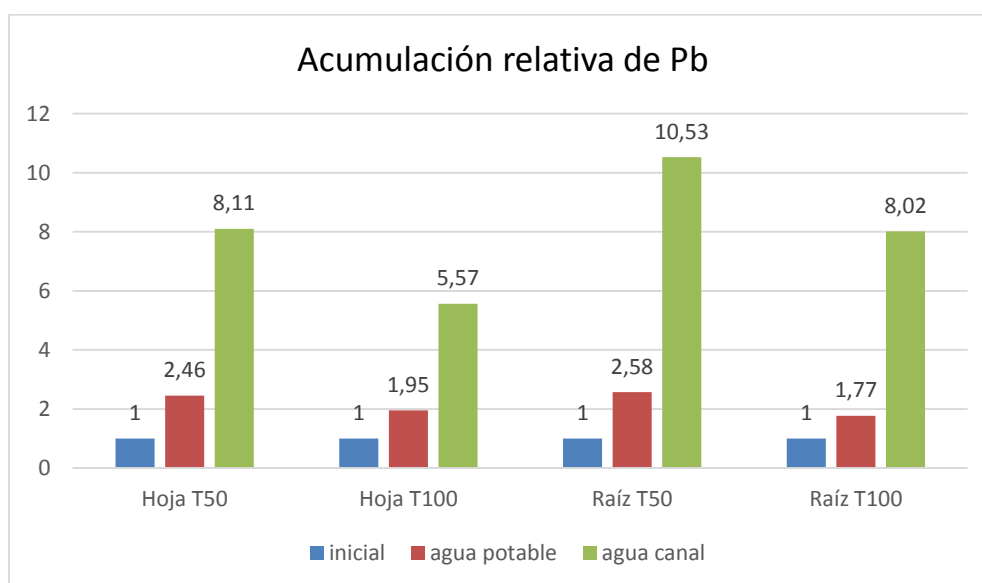
Tabla 12: Acumulación relativa de plomo en agua del canal y agua potable.

ACUMULACIÓN RELATIVA DE Pb			
TRATAMIENTOS	INICIAL	AGUA POTABLE	AGUA CANAL
Hoja T50	1	2,46	8,11
Hoja T100	1	1,95	5,57
Raíz T50	1	2,58	10,53
Raíz T100	1	1,77	8,02

Elaborado por: Jonathan Aysalla (2017)

En la figura 12 mostramos la acumulación relativa, respecto al nivel inicial, del plomo en la planta en cada tratamiento, teniendo en el tiempo final a los 180 días (T2) una acumulación superior en las plantas creciendo en agua del canal respecto a las plantas creciendo en el agua potable.

Figura 12: Acumulación relativa de plomo en la planta en los distintos tratamientos.



Elaborado por: Jonathan Aysalla (2017)

En la figura anterior podemos observar que tanto la raíz como las hojas de las plantas creciendo a menor densidad tienen una mayor absorción del plomo que en los tratamientos de mayor densidad.

10.4.2. Bioacumulación de plomo en los tejidos.

Mediante el cálculo de acumulación de metales pesados la cual se especifica en la metodología anteriormente mostrada nos sirvió para comprobar en cuál de las partes vegetativas la planta vetiver acumula más estos elementos

De acuerdo a los valores de concentración obtenidos en la tabla 13 se logró graficar y se puede diferenciar el porcentaje de concentración de plomo existente en la raíz y hoja de la planta vetiver.

Tabla 13: Variación de concentración de plomo en cada parte de la planta.

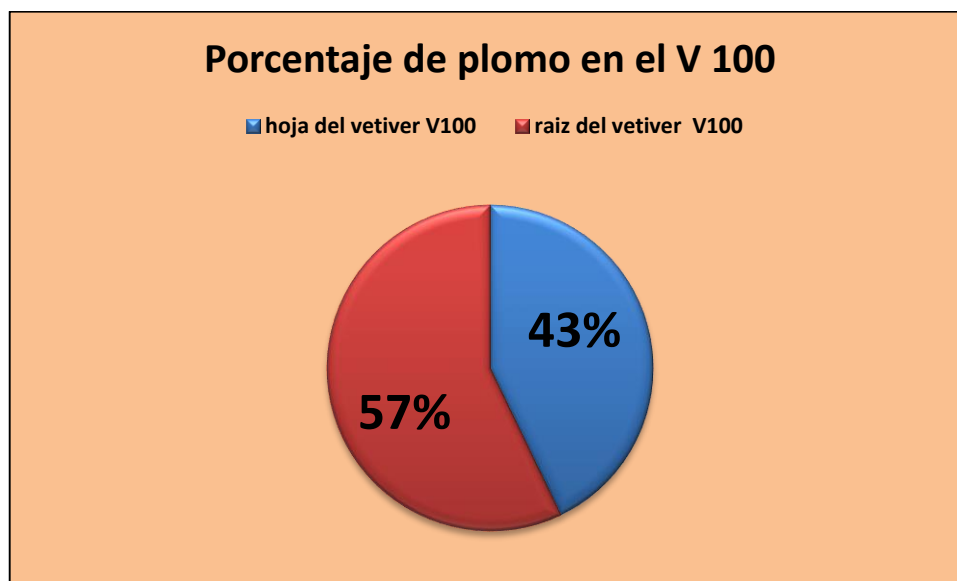
% de Concentración de plomo en las partes vegetativas.	
Hoja del vetiver V100	42,86
Raíz del vetiver V100	57,13
Hoja del vetiver V50	47,34
Raíz del vetiver V50	52,65

Elaborado por: Jonathan Aysalla (2017)

En la tabla podemos observar que la raíz tiene una mayor capacidad de absorción del plomo en los tratamientos a diferencia de las hojas en las que se pueden observar que existe una menor captación del plomo.

Con los valores de concentración obtenidos en la tabla 13 mediante la siguiente figura se puede diferenciar la concentración de plomo existente en la raíz y hoja de la planta vetiver.

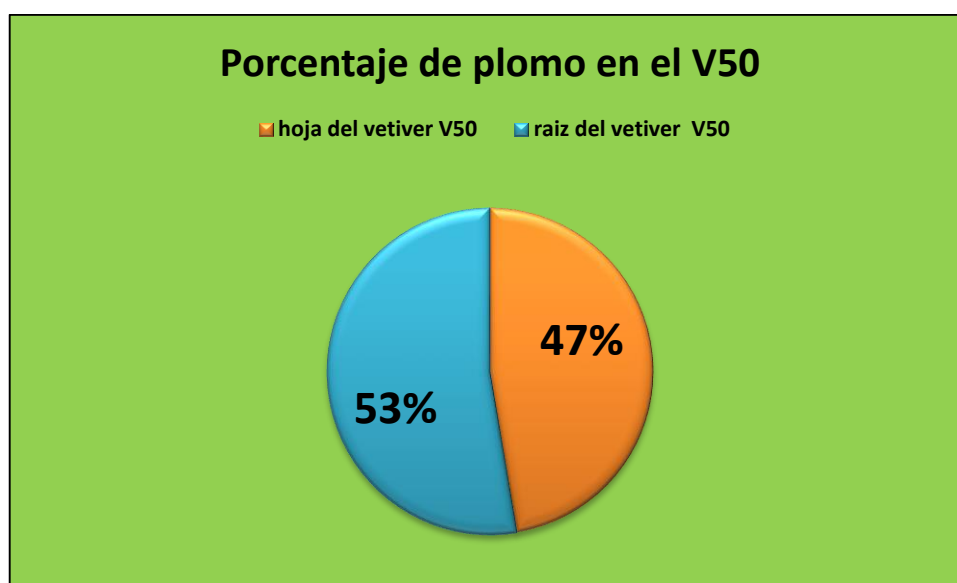
Figura 13: Porcentaje de absorción de la raíz y hoja de la planta vetiver en tratamiento V100.



Elaborado por: Jonathan Aysalla (2017)

Tomando referencia a los valores de concentración obtenidos en la tabla 13 se presenta la siguiente figura en la que se puede diferenciar que la concentración de plomo existe en la raíz y hoja de la planta vetiver.

Figura 14: Porcentaje de absorción de la raíz y hoja de la planta vetiver en tratamiento V50.



Elaborado por: Jonathan Aysalla (2017)

Como se puede apreciar en las figuras el porcentaje de absorción en el tratamiento V50 es mayor en la raíz que en la hoja al igual que en el tratamiento V100.

10.4.3. Concentración de cadmio

Gracias a la fórmula implementada en la metodología pudimos obtener los siguientes resultados para la concentración de cadmio en la raíz y hoja de la planta.

A continuación, observaremos la tabla en la cual se encuentran los promedios de cadmio que se detectaron en las hojas y raíz en las densidades por medio de los análisis en el espectrofotómetro de absorción atómica.

En la tabla 14 se muestran los promedios de cadmio en la hoja en la densidad V100 con agua del canal de Samanga y el agua potable.

Tabla 14: Promedio del cadmio en la hoja V100.

CADMIO HOJAS 100		CORRIDA 1 (mg/kg tejido)	CORRIDA 2 (mg/kg tejido)	CORRIDA 3 (mg/kg tejido)	PROMEDIO (mg/kg tejido)
Testigo	03/11/2016	0,004	0,004	0,004	0,004
	03/02/2017				
	03/05/2017	0,0103	0,0109	0,0103	0,011
Agua de canal	03/11/2016	0,004	0,004	0,004	0,004
	03/02/2017	0,006	0,006	0,007	0,006
	03/05/2017	0,0531	0,0531	0,0543	0,053

Elaborado por: Jonathan Aysalla (2017)

En la tabla 15 se muestran los promedios de cadmio en la hoja en la densidad V50 con agua del canal de Samanga y el agua potable.

Tabla 15: Promedio del cadmio en la hoja V50.

CADMIO HOJAS 50		CORRIDA 1 (mg/kg tejido)	CORRIDA 2 (mg/kg tejido)	CORRIDA 3 (mg/kg tejido)	PROMEDIO (mg/kg tejido)
Testigo	03/11/2016	0,004	0,004	0,004	0,004
	03/02/2017	0,005	0,005	0,005	0,005
	03/05/2017	0,0132	0,0132	0,0132	0,013
Agua de canal	03/11/2016	0,004	0,004	0,004	0,004
	03/02/2017	0,018	0,014	0,016	0,016
	03/05/2017	0,0542	0,0542	0,0519	0,053

Elaborado por: Jonathan Aysalla (2017)

En la tabla 16 se muestran los promedios de cadmio en la hoja en la densidad V100 con agua del canal de Samanga y el agua potable.

Tabla 16: Promedio del cadmio en la raíz V100.

CADMIO RAÍZ 100		CORRIDA (mg/kg tejido)	CORRIDA (mg/kg tejido)	CORRIDA (mg/kg tejido)	PROMEDIO (mg/kg tejido)
Testigo (100)	03/11/2016	0,004	0,004	0,005	0,004
	03/02/2017				
	03/05/2017	0,0116	0,0127	0,0127	0,012
Tratamiento (100)	03/11/2016	0,004	0,004	0,005	0,004
	03/02/2017	0,038	0,038	0,039	0,038
	03/05/2017	0,1144	0,1287	0,1287	0,124

Elaborado por: Jonathan Aysalla (2017)

En la tabla 17 se muestran los promedios de cadmio en la raíz en la densidad V100 con agua del canal de Samanga y el agua potable.

Tabla 17: Promedio del cadmio en la raíz V50.

CADMIO RAÍZ 50		CORRIDA (mg/kg tejido)	CORRIDA (mg/kg tejido)	CORRIDA (mg/kg tejido)	PROMEDIO (mg/kg tejido)
Testigo (50)	03/11/2016	0,004	0,004	0,005	0,004
	03/02/2017	0,005	0,004	0,005	0,005
	03/05/2017	0,0149	0,0160	0,0160	0,016
Tratamiento (50)	03/11/2016	0,004	0,004	0,005	0,004
	03/02/2017	0,034	0,033	0,032	0,033
	03/05/2017	0,1614	0,1664	0,1681	0,165

Elaborado por: Jonathan Aysalla (2017)

En la tabla 17 se muestran los promedios de cadmio en la raíz en la densidad V50 con agua del canal de Samanga y el agua potable.

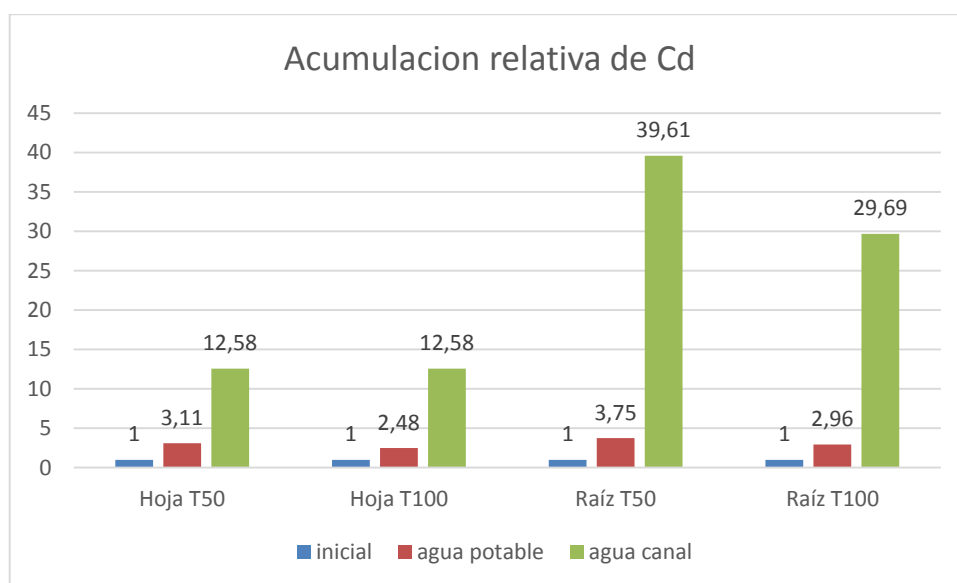
A continuación, observamos la tabla 18 de acumulación relativa de cadmio en agua potable y en agua simple en T2 (180 días).

Tabla 18: Acumulación relativa de cadmio en agua del canal y agua potable.

ACUMULACIÓN RELATIVA DE Cd			
TRATAMIENTOS	INICIAL	AGUA POTABLE	AGUA CANAL
Hoja T50	1	3,11	12,58
Hoja T100	1	2,48	12,58
Raíz T50	1	3,75	39,61
Raíz T100	1	2,96	29,69

Elaborado por: Jonathan Aysalla (2017)

Figura 15: Acumulación relativa de cadmio en la planta en los distintos tratamientos.



Elaborado por: Jonathan Aysalla (2017)

En la figura 15 observaremos la acumulación relativa de cadmio en la raíz como en la hoja creciendo en cada tratamiento, teniendo en el tiempo final a los 180 días (T2) una acumulación de hasta 38 veces más superior que del tiempo inicial (T0), lo que nos demuestra que en el caso de cadmio es mayormente absorbido por la raíz con densidad de V50 en el agua del canal.

10.4.4. Bioacumulación de cadmio en los tejidos.

A continuación, mostramos el porcentaje de cadmio en las partes vegetativas de la especie vetiver.

Tabla 19: Variación de concentración de cadmio en cada parte de la planta.

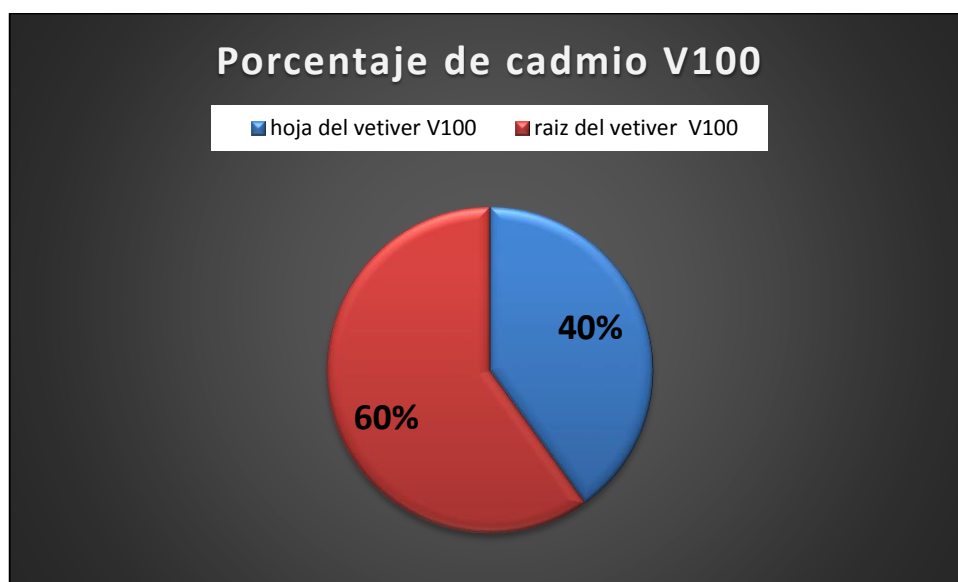
% Porcentaje de Cadmio en las partes vegetativas	
Hoja del vetiver V100	40,10
Raíz del vetiver V100	59,89
Hoja del vetiver V50	35,18
Raíz del vetiver V50	64,81

Elaborado por: Jonathan Aysalla (2017)

En la tabla 19 podemos observar que al igual que en la obtención de porcentaje de absorción de plomo, el porcentaje de absorción de cadmio es mayor en la raíz del vetiver que en las hojas del vetiver, es decir que de esta manera se ratifica que los metales pesado se concentran más en la raíz debido al contacto directo con el agente contaminador.

En seguida graficaremos como actúa de manera porcentual cada parte de la planta en captar cadmio para biorremediar un cuerpo de agua.

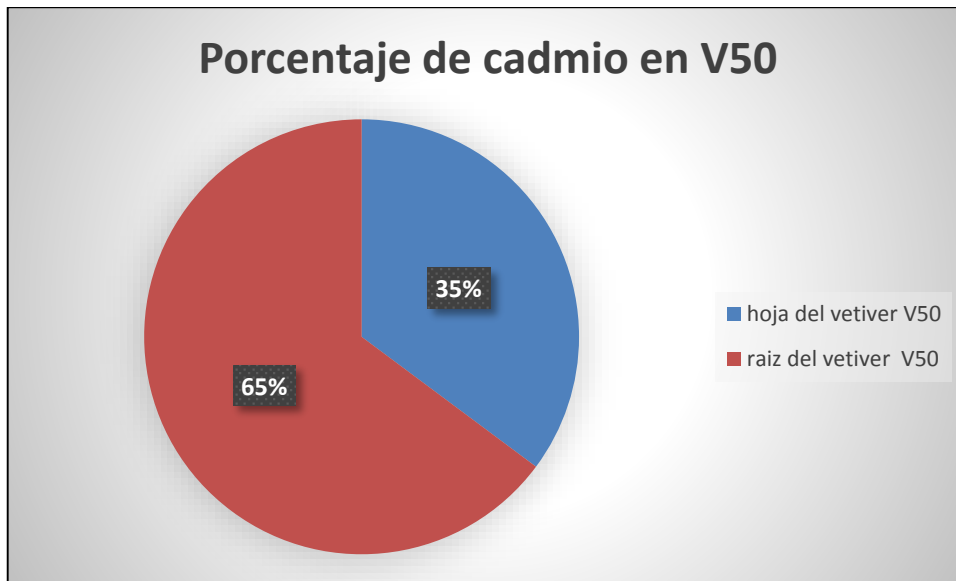
Figura 16: Porcentaje de absorción de la raíz y hoja de la planta vetiver en tratamiento V50.



Elaborado por: Jonathan Aysalla (2017)

En la figura 16 se puede observar que la capacidad de absorción de cadmio en la raíz del vetiver en el tratamiento V100 se encuentra con un porcentaje más alto a diferencia de la capacidad de absorción del cadmio presente en la hoja debido al contacto directo de la raíz con el medio contaminado.

Figura 17: Porcentaje de absorción de la raíz y hoja de la planta vetiver en tratamiento V50.



Elaborado por: Jonathan Aysalla (2017)

En la figura 17 nos muestra que el tratamiento V50 acumula en la raíz de vetiver un porcentaje más alto de cadmio a diferencia de la hoja del vetiver debido a que la raíz tiene contacto directo con el agua contaminada.

10.4.4. Bioacumulación por tratamiento

En las siguientes tablas tenemos el total de bioacumulación de plomo y cadmio por tratamiento en la especie *Vetiveria zizanioides* en las densidades V50 y V100.

Tabla 20: Bioacumulación por tratamiento de plomo en los 180 días.

Elaborado por: Jonathan Aysalla (2017)

Bioacumulación de plomo						
CÓDIGO	acumulación de plomo a los 180 días de la hoja			acumulación de plomo a los 180 días de la raíz		
	mg/kg tejido	Peso promedio(gr)	Total, mg Pb	mg/kg tejido	Peso promedio(gr)	Total, mg Pb
TestigoV100	0,088	14,1	123,7	0,114	8,3	94,7
Testigo V50	0,110	15,1	83,2	0,166	10,8	90,0
Agua canal V100	0,250	10,6	264,7	0,517	6,8	352,8
Agua canal V50	0,364	13,7	248,7	0,679	8,1	276,4

Comprobamos que la acumulación del metal en las plantas creciendo en agua del canal es mayor. Sin embargo, la acumulación total por tratamiento en hoja es similar en las dos densidades mientras que en raíz se acumula más en la densidad de 100 plantas. La acumulación total en las plantas creciendo a densidad 50 sería de 525 mg de Pb, mientras que en la densidad 100 acumula más cantidad en total, 617 mg. Esto coincide con los datos de otra tesis del proyecto donde se comprueba que la remonición de Pb del agua es mayor en los tanques con 100 plantas.

La tabla 21 indicamos que la bioacumulación de cadmio en el total de mg/kg tejido en los tratamientos a comparación con los testigos es más alta, y entre el testigo V100 y V50 no existe una diferencia muy marcad de bioacumulación de cadmio entre tratamientos.

Tabla 21: Bioacumulación de cadmio en los 180 días.

Bioacumulación de cadmio		
CÓDIGO	acumulación de cadmio a los 180 días de la hoja	acumulación de cadmio a los 180 días de la raíz

	(mg/kg tejido)	Peso promedio(gr)	Total, mg Cd	(mg/kg tejido)	Peso promedio(gr)	Total, mg Cd
TestigoV100	0,011	14,1	15,5	0,012	8,3	10,0
Testigo V50	0,013	15,1	9,8	0,016	10,8	8,7
Tratamiento V (100)	0,053	10,6	56,1	0,124	6,8	84,6
Tratamiento V (50)	0,053	13,7	36,2	0,165	8,1	67,2

Elaborado por: Jonathan Aysalla (2017)

En el cuadro observamos que existe mayor acumulación total en las plantas creciendo en agua del canal. Sin embargo, la acumulación total por tratamiento en hoja es mayor en la densidad de 100 plantas tanto en hoja como en raíz. La acumulación total en las plantas creciendo a densidad 50 sería de 103 mg de Pb, mientras que en la densidad 100 acumula más cantidad en total, 140 mg.

10.5. Tiempo de mayor captación de metales

La capacidad de absorción como se tenía esperado aumenta con el tiempo al igual que crecía la planta vetiver en tamaño, eso quiere decir que el tiempo de mayor absorción fue en el transcurso del tiempo (1) al tiempo (2) tanto en el tratamiento V50 y el tratamiento V100.

10.5.1. Tiempo de absorción de plomo en las hojas del vetiver

En la siguiente tabla se puede observar la variación de absorción de plomo que tenía la hoja del vetiver en los 180 días que duro el proyecto.

Tabla 22: Absorción de plomo en la hoja del vetiver

Hoja Pb	Tiempo inicial (0) (3 días después de la siembra)	Tiempo (1) (90 días después de la siembra)	Tiempo final (2) (180 días después de la siembra)
Tratamiento V (100)	0,045 mg/kg tejido	0,121 mg/kg tejido	0,250 mg/kg tejido

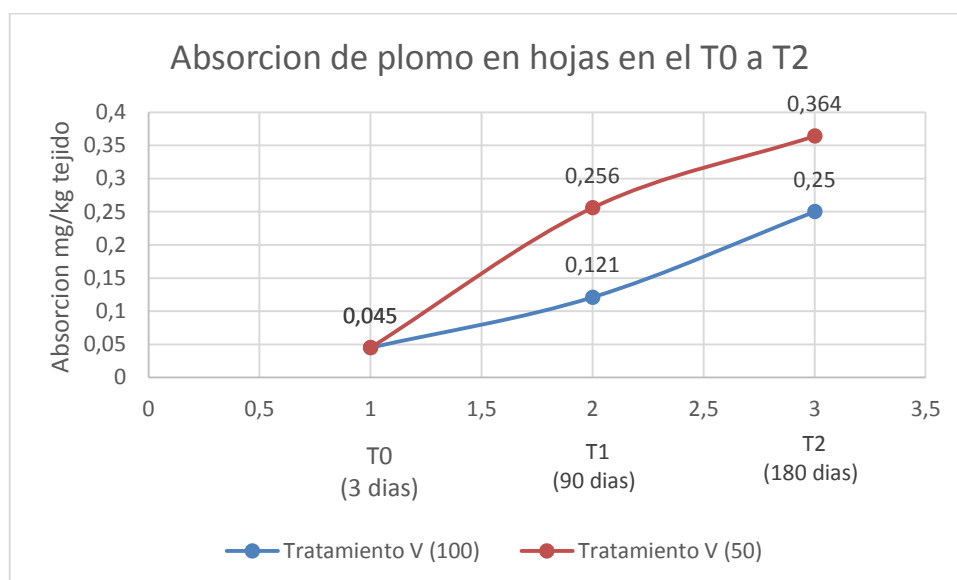
Tratamiento V (50)	0,045 mg/kg tejido	0,256 mg/kg tejido	0,364 mg/kg tejido
--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Elaborado por: Jonathan Aysalla (2017)

En la (tabla 22) anterior se especifica la absorción de plomo en la hoja en el tiempo (0), tiempo (1) y tiempo (2) que son utilizados para indicar gráficamente el tiempo de mayor absorción.

En la siguiente figura observaremos la absorción del plomo por parte de la hoja del vetiver durante los 180 días que duro el proyecto.

Figura 18: Absorción del plomo en los 180 días.



Elaborado por: Jonathan Aysalla (2017)

En la figura18 se muestra que efectivamente en el tiempo (2) se genera la mayor absorción de plomo en la hoja del vetiver.

10.5.2. Tiempo de absorción de plomo en la raíz del vetiver

La tabla 23 se muestran los resultados de los análisis en las que existe variación de absorción de plomo que tenía la raíz del vetiver en los 180 días que duro el proyecto.

Tabla 23: Absorción de plomo en la raíz del vetiver

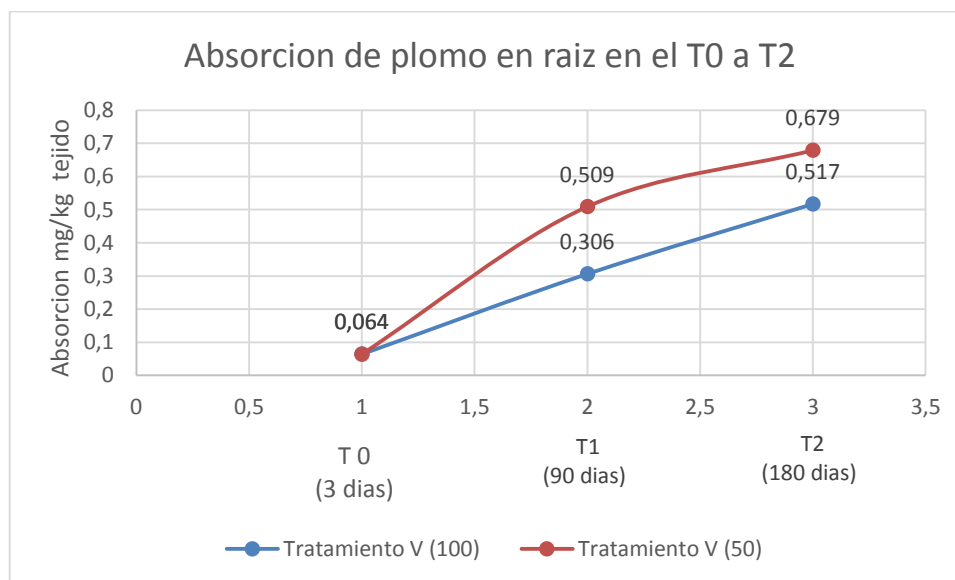
Raíz Pb	Tiempo inicial (0) (3 días después de la siembra)	Tiempo (1) (90 días después de la siembra)	Tiempo final (2) (180 días después de la siembra)
Tratamiento V (100)	0,064 mg/kg tejido	0,306 mg/kg tejido	0,517 mg/kg tejido
Tratamiento V (50)	0,064 mg/kg tejido	0,509 mg/kg tejido	0,679 mg/kg tejido

Elaborado por: Jonathan Aysalla (2017)

En la tabla anterior se muestra la absorción de plomo en la raíz en el tiempo (0), tiempo (1) y tiempo (2) los cuales fueron arrojados una vez hechos los análisis.

la figura19 observaremos la absorción del plomo por parte de la raíz durante los 180 días del proyecto.

Figura 19: Absorción del plomo en la raíz durante 180 días.



Elaborado por: Jonathan Aysalla (2017)

La figura 19 nos permite observar que al igual que en la hoja de vetiver, en el tiempo (2) se genera la mayor absorción de plomo en la raíz del vetiver.

10.5.3. Tiempo de absorción de cadmio en la hoja del vetiver

El cadmio al igual que el plomo al estar presente en el agua del río Samanga se la pudo identificar en la planta vetiver mediante de los análisis realizados, los cuales mostraron como la planta absorbía el cadmio durante los 180 días de evaluación del vetiver.

En la tabla 24 mostramos los resultados de los análisis realizados a la hoja del vetiver para determinar la presencia de plomo durante el tiempo (0), el tiempo (1) y el tiempo (2).

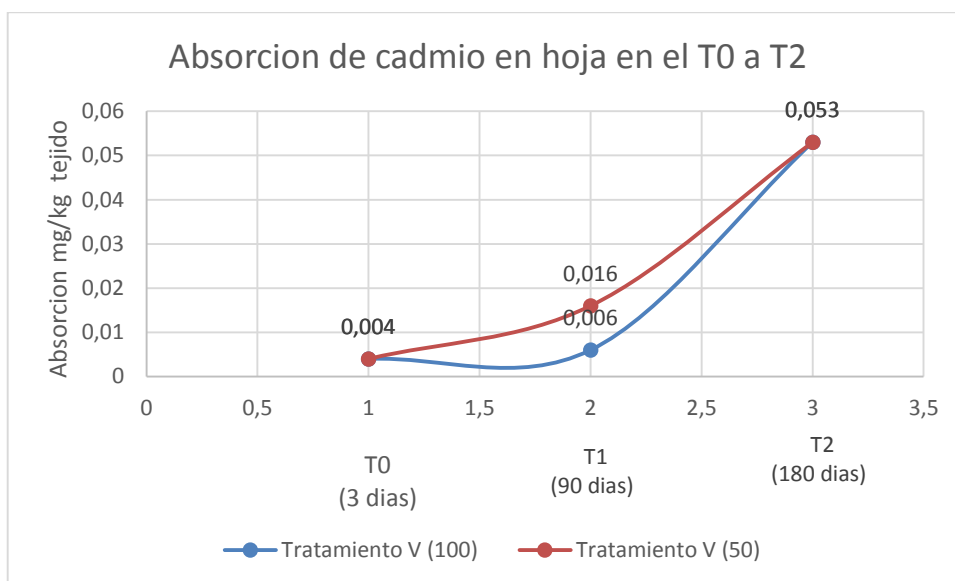
Tabla 24: Absorción de cadmio en la hoja del vetiver.

Hoja Cd	Tiempo inicial (0) (3 días después de la siembra)	Tiempo (1) (90 días después de la siembra)	Tiempo final (2) (180 días después de la siembra)
Tratamiento V (100)	0,004 mg/kg tejido	0,006 mg/kg tejido	0,053 mg/kg tejido
Tratamiento V (50)	0,004 mg/kg tejido	0,016 mg/kg tejido	0,053 mg/kg tejido

Elaborado por: Jonathan Aysalla (2017)

Se pudo divisar en la tabla 24 de resultados que al igual que la absorción del plomo el cadmio también fue absorbida en mayor cantidad en el tiempo (2).

Figura 20: Absorción del cadmio en la hoja del vetiver durante 180 días.



Elaborado por: Jonathan Aysalla (2017)

La figura 20 mostrada nos permite divisar que la capacidad de absorción de cadmio en la hoja aumenta a medida que transcurre la investigación.

10.5.4. Tiempo de absorción del cadmio en la raíz del vetiver

En la tabla 25 observamos la variación de resultados en la absorción de cadmio en la raíz del vetiver en los diferentes tiempos en los que se realizaron los respectivos análisis.

Tabla 25: Resultados de la absorción de cadmio en la raíz durante 180 días.

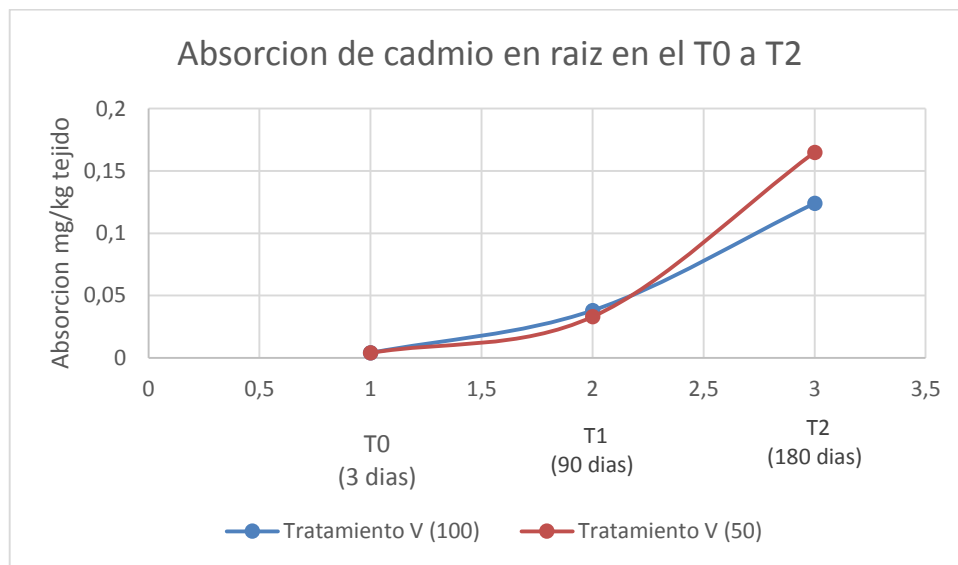
Raíz Cd	Tiempo inicial (0) (3 días después de la siembra)	Tiempo (1) (90 días después de la siembra)	Tiempo final (2) (180 días después de la siembra)
Tratamiento V (100)	0,004 mg/kg tejido	0,038 mg/kg planta	0,124 mg/kg tejido
Tratamiento V (50)	0,004 mg/kg tejido	0,033 mg/kg planta	0,165 mg/kg tejido

Elaborado por: Jonathan Aysalla (2017)

Observamos que efectivamente el aumento de la absorción es una constante, es decir se da un aumento de absorción en el tiempo 2 (180 días).

A continuación, mostramos la figura 21 en el que se puede apreciar de mejor manera cómo ha evolucionado la capacidad de absorción de la raíz durante los 180 días que duro el proyecto.

Figura 21: Absorción de cadmio en la raíz del vetiver.



Elaborado por: Jonathan Aysalla (2017)

En la figura 21 se pudo apreciar la constante que existe en la absorción de los metales pesado por parte de la raíz del vetiver, es decir que aumenta conforme pasa el tiempo en el que se dio el proyecto.

La constata de absorción de la especie vetiver (*Vetiveria zizanioides*) es que el aumento de acumulación de mátales pesados (Pb y Cd) será mayor conforme la planta se adapta.

10.6. DISCUSIÓN

Respecto al desarrollo de la planta vetiver no hay mucha diferencia entre tratamientos y testigos, sin embargo, entre densidades V50 y V100 existe diferencia en el desarrollo de las ramificaciones de unos 33 cm en el T2 (180 días), en la parte vegetativa aérea de la planta el desarrollo es muy similar en las dos densidades obteniendo una diferencia de 8,6 cm en las densidades a T2 (180 días).

De acuerdo a los datos obtenidos una vez realizado el proyecto se ha determinado que la especie vetiver (*Vetiveria zizanioides*) remueve metales pesados como Pb y Cd de manera muy eficaz en el agua llegando a acumular un porcentaje de plomo en la con densidad V50 del 52,65% en la raíz, mientras que en la hoja con la densidad V50 se acumuló 47,43%, mientras que se obtuvo también una acumulación de cadmio en la raíz de 64,81 % y 35,18% en la hoja, en la densidad V100 el porcentaje de plomo fue de 57,13% en la raíz y 42,86% en la hoja, mientras que el cadmio se absorbió el 59,89% en la raíz y 40,10% en la hoja, a lo que podemos decir que la raíz de vetiver tiene una acumulación de plomo en V50 mayor con 5,22% a diferencia de la hoja y en cadmio de igual manera la raíz absorbe 29,63% más que la hoja, en la densidad V100 la acumulación en plomo en la raíz es mayor que la hoja con un 14,27% de la misma manera la raíz en la absorción de cadmio en V100 es mayor con un 19,79%, y con un índice de tolerancia de 92% en la densidad V100 y 93% en la densidad V50.

La diferencia de relatividad de acumulación de plomo en la hoja en T2(180 días) V100 en agua de canal es 8 veces más que el de T0 (3 días) el cual es 1 y en agua potable la relatividad T2(180 días)V100 es 1 vez más, la relatividad de plomo en la raíz en T2(180 días)V50 en agua de canal es 10 veces más que el de T0 (3 días) el cual es 1 y en agua potable la relatividad T2(180 días)V50 es 1 vez más, en la relatividad de acumulación de cadmio en la hoja en T2(180 días)V100 en agua de canal es 11 veces más que el de T0 (3 días) el cual es 1 y en agua potable la relatividad T2(180 días)V100 es 2 veces más, la relatividad de plomo en la raíz en T2(180 días)V50 en agua de canal es 38 veces más que el de T0 (3 días) el cual es 1 y en agua potable la relatividad T2(180 días)V50 es 1 vez más, lo cual demuestra que la acumulación relativa en el caso de plomo y cadmio es mayor en la raíz.

El nivel máximo de absorción no lo hemos podido conocer debido a que el tiempo que se realizó el proyecto los cuales fueron 180 días no fueron los suficientes para ver el declive de la curva en lo que respecta a la absorción del plomo y cadmio.

Poniendo de esta manera en contraparte con lo planteado en la investigación realizada por Gomes en 2014 el cual plantea que 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. (Gomes et al., 2014)

11. IMPACTOS (TÉCNICO, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS):

11.1. Impacto técnico

Desarrollamos una técnica de biorremediación para las aguas dulces del país, de bajo costo y de una efectividad muy alta, además que la especie se adapta muy rápido que las investigadas anteriormente por otros autores.

11.2. Impacto social

La investigación socialmente es positiva ya que brinda una opción económica mente accesible para la población en el campo de biorremediación de aguas para la agricultura las misma que proceden del río que contiene altos índices de contaminación de metales pesados, además que no solo afecta a la salud de la población sino también a la de los animales que son un medio de ingreso económico para las familias del sector.

11.3. Impactos ambientales

La disminución de metales pesados contribuye de manera positiva para una reactivación de microorganismos que favorecen el estado del agua.

Además, que es una opción muy viable y económica para poder implementarlo en otros lugares del país logrando así una fitorremediación a nivel país.

11.4. Impactos económicos

De acuerdo a los resultados la inversión es de bajo costo y no se requiere de mayor cuidado por lo que la implementación de la especie vetiver como biorremediador resulta accesible para toda la comunidad y para las micro empresas.

12. PRESUPUESTO DEL PROYECTO:

Tabla 26: Presupuesta total de la investigación.

RECURSOS	PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO		
	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total

Transporte y salida de campo			
• Pasaje de bus	80	1,15	92
• Carreras	6	10	60
Materiales y suministros			
• Libreta de campo	1	1,2	1,2
• Tachosplásticos	12	25	300
• Plantas de vetiver	450	0,6	270
• Fundas para muestras	200	0,8	160
• Goma	1	1	1
• Manguera	5	0,9	4,5
• Regla o cintamétrica	1	3,5	3,5
• Palos de madera	10	1,5	15
• Sarán	10	0,35	3,5
• GPS	1	Alquiler	25
• Masqui	1	1	1
E.P.P.			
• Guantes	50	0,75	37,5
• Mandiles	2	7,5	15
• Botas de hule	2	10	20
• Mascarillas	24	0,25	6
Material Bibliográfico y fotocopias.			
• Impresiones	200	0,1	20
• Copias	100	0,02	2
GastosVarios			
• Rotulación	12	1,5	13.5
OtrosRecursos			
• Análisis de la raíz y hojas del vetiver	5	75	375
SUBTOTAL			1412.2
Imprevistos 10%			141.22
TOTAL			1553.42

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

13.1. Conclusiones

La planta vetiver (*Vetiveria zizanioides*) no muestra diferencias de crecimiento en relación a la calidad de agua, presenta un índice de tolerancia alto, cercano al 100%. Se observan diferencias de crecimiento en relación a la cantidad de plantas creciendo en la misma superficie. Tiene un mayor crecimiento de la raíz a menor densidad.

Comprobamos la capacidad de la especie vetiver para la absorción de metales como el Pb y el Cd, ya que las plantas creciendo en agua con presencia de metales acumulan entre 6 y 8 veces más de Pb y entre 10 y 30 veces más de Cd, dependiendo del tejido y el número de plantas. A menor densidad de plantas tenemos mayor acumulación de metal por gramo de tejido, siendo la raíz el órgano que presenta mayor bioacumulación del metal.

Se determinó que la absorción de metales pesados aumenta con el tiempo. En nuestro estudio el máximo de absorción se alcanza en el tiempo final de 180 días.

Se comprueba la hipótesis en la cual se propone que la planta vetiver absorbe plomo y cadmio del agua contaminada disminuyendo los metales pesados (Pb y Cd) logrando una biorremediación por parte de dicha especie.

13.2. Recomendación

Al realizar las mediciones de longitud de la planta en cada densidad es recomendable medir 26 plantas o más para poder promediar el tamaño de las plantas en cada densidad.

Investigar la capacidad de absorción de la especie (*Vetiveria zizanioides*) de otros metales contaminantes que puedan existir en el agua de ríos contaminados y en un mayor periodo, para de esta manera se pueda implementar como una opción de biorremediación en el país.

Analizar la absorción de la planta vetiver en un periodo más largo para que de esta manera con la obtención de datos de los respectivos análisis de metales se pueda definir el periodo en el cual se da la disminución de la capacidad de absorción de la planta.

Se recomienda analizar la capacidad de absorción de metales pesados de la especie vetiver en el suelo de esta manera la especie será aprovechada de mejor manera su capacidad de purificación al mismo tiempo que se despejaren futuras hipótesis acerca de la especie vetiver.

14. BIBLIOGRAFÍA

- Altamirano Gutiérrez, C. (2010). La contaminación del Río Cutuchi. Madrid: Graficas Halas.

- Ansola G.(2003). Utilización de humedales artificiales en la depuración de aguas residuales. En el agua, un bien para todos. Conservación, recuperación y usos. Editorial Ramos. Salamanca – España Pp 145 – 170.
- Ash R. and Truong, P. (2003). The use of vetiver grass wetland for sewerage treatment in Australia. Proc. Third International Vetiver Conference, Guangzhou, China, October 2003.
- Bustamante, M. (2012). Diagnostico preliminar de la contaminación del río cutuchi y propuesta para un sistema de depuración de las aguas residuales del cantón Salcedo. Tesis. Universidad Autonoma de México.
- Cesar, P., & Ramiro, V. (2012). Fitorremediación de las aguas del Canal de Riego Latacunga-salcedo-Ambato mediante humedales. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de ingeniería en Alimentos. Ambato: Fiallos I.I.
- 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.
- Delgadillo A y González C. (2011). Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo-México. Disponible en línea: <http://www.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/viewFile/814/565>.
- Duilio Torres Rodríguez, A. C. (2010). Uso del vetiver para la fitorremediación de cromo en lodos residuales de una tenería. Mexica: Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado.
- Escobar, J. (2002). La contaminación de los ríos. Santiago de Chile, Chile: Cepal.
- FERGUSSON, J.F., 1990. The heavy Elements. Chemistry, Environmental Impact and Health Effects. PergamonPress.
- Flathman P. (1998). Fitorremediación: puntos de vista de una tecnología verdeemergente. SoilContamination. Pp 415-432.
- Garbisu, C.; Becerril, J.; Epelde, L.: Alkorta, I. 2007. Bioindicadores de la calidad del suelo: Herramienta metodológica para la evaluación de la eficacia de un proceso fitorremediador. Ecosistemas.
- Garzón A. (2006). Información Plomo y Cadmio en Ecuador. Ministerio del Ambiente – República del Ecuador.
- 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. EngenhariaAgricola, 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.
- Hrideek, k. T., & Raghy, A. (junio de 2015). Corrección Y Asociación De Caracteres En Vetiver Zizanioides. Plant Breeding División, Departamento de Botánica 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 Vetiveria Zizanioides a partir de Kerala parte de la India Peninsular. (M. K., Ed.) International Journal of Agriculture, Environment and biotechnology, 8(8.2), 237-243.
- Navarro J, Aguilar A y Lopez J. (2007). Aspectos bioquímicos y genéticos de la tolerancia y acumulación de metales pesados en plantas. Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente. Pp 10-25. Disponible en línea: <http://www.revistaecosistemas.net/pdfs/488.pdf>. Consulta: Julio 2011.
- Orihuela, J. A. (2007). Manual sobre el uso y manejo del pasto vetiver (Chrysopogon). Perú: unalm.
- Paul, T. (2009). El pasto vetiver, *Vetiveria zizanioides*: Una planta para la fitorremediación Elección De Metales Pesados Y desechos orgánicos. International Journal of Phytoremediation, 1.
- Pérez, Olivera. (2008). Concentración de Pb, Cd, Ni y Zn y su transferencia al pabellón de las plantas, Informe Técnico, Tierra Latinoamericana.
- Rodríguez, Carlos, (2006). “Capacidad de seis especies vegetales para la acumular plomo en el suelo”. Revista Fitotecnia México, año/vol. 29, numero 003, Chapingo México.
- Percy, I. Truong, P. (2005). Landfill Leachate Disposal with Irrigated Vetiver Grass. Proc, Landfill 2005. National Confon Landfill, Brisbane, Australia, Sept 2005
- Pozo Yáñez, C. G., & Velastegui Sanches, R. (2012). Fitorremediación de las aguas del Canal de Riego Latacunga-salcedo-Ambato mediante humedales. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de ingeniería en Alimentos. Ambato: Fiallos I.I.
- Troya, M. B. (2012). Diagnostico Preliminar De La Contaminacion En El Rio Cutuchi. Disertacion De Grado Previa Ala Obtencion Del Titulo De Ingenieria Civil. Quito, Pichincha, Ecuador.

- Truong, P.N.V. (2004). Vetiver Grass Technology for mine tailings rehabilitation. Ground and Water Bioengineering for Erosion Control and Slope Stabilisation. Editors: D. Barker, A.Watson, S. Sompatpanit, B. Northcut and A. Maglinao. Published by Science Publishers Inc. NH, USA.
- Westland, S. (2011). Cómo funciona un espectrofotómetro de reflectancia. Gran Bretaña: Colourware Ltd.
- Zarela, G. (2012). Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas. Tesis de Ingeniero Sanitario. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Ambiental. Lima. Perú. 2p.

15. ANEXOS

Anexo 1: Aval de aprobación de idiomas



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por la señor Egresado de la Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; Jonathan Damián Aysalla Panchi, cuyo título versa “ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DE LA ESPECIE VETIVER (*Vetiveria zizanioides*) EN LA ACUMULACIÓN DE METALES PESADOS EN LA SIEMBRE HIDROPÓNICA CON AGUA DEL CANAL DE RIEGO LATACUNGA – SALCEDO – AMBATO”, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, agosto 2017

Atentamente,

Ing. Wilmer Patricio Collaguazo Vega

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS

C.C. 1722417571



Anexo 2: Hoja de vida del Tutor.

Isabel Ballesteros Redondo



Cédula: 1757168610

maria.ballesteros@utc.edu.ec

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
-----------------------------------	---

ESTANCIAS

Ag **Instituto de**
 ost **Investigación de**
 o - **Agricultura Ecológica,**
 Fibl (Frick, Suiza).

EXPERIENCIADOCENTE

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

-Ciclos Abril-Agosto 2016, Octubre 2016- Marzo 2017, Abril-Agsto 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 *Arabidopsisthaliana* (BIO2008-03052). IP: Jose Juan Sánchez Serrano

-Caracterización molecular de las proteínas fosfatasa 2A y su participación en las respuestas de defensa en *Arabidopsisthaliana* 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 *Secalecerealey Arabidopsisthaliana* (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.

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

Delgado D[†]., **Ballesteros I[†]**., 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-Urbeondo 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-Urbeondo 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-Urbeondo 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 alérgenos 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 fosfatasa PP2Ac en *Arabidopsisthaliana* 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 (*Secalecereale* L.)

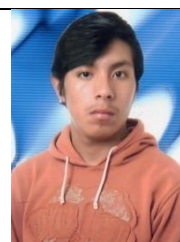
IDIOMAS

Castellano: lengua materna

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

Anexo 3: Hoja de vida del estudiante.

HOJA DE VIDA
1. DATOS PERSONALES:



Nombres:	Jonathan Damián
Apellidos:	Aysalla Panchi
Lugar de Nacimiento:	Latacunga
Fecha de Nacimiento:	30 de noviembre de 1993
Nacionalidad:	Ecuatoriano
Profesión:	Estudiante en Ing. En Medio Ambiente
N° de Cédula de Identidad:	050340367-7
Dirección Domiciliaria:	Av.Iturralde
	Aláquez-Latacunga – Cotopaxi – Ecuador
E-mail:	jona_than-ay@hotmail.com
Teléfono:	0995747730
2. ESTUDIOS REALIZADOS:	
Primarios:	Escuela Fiscal “Abdón Calderón”
Secundarios:	Instituto Tecnológico Agropecuario “Simón Rodríguez”
Superior:	Universidad Técnica de Cotopaxi
	Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales
	Especialidad de Ingeniería En Medio Ambiente

Anexo 4: Siembra de vetiver.



Anexo 5: Toma de muestras para las medidas, pesaje y análisis.





Anexo 6:Medición de raíz y hojas del vetiver.



Preparación de muestras

Anexo 7: Picado de partes vegetativas de la planta vetiver.



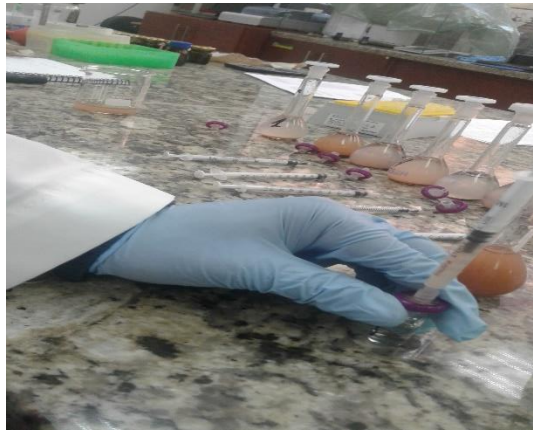
Anexo 8: Molienda de muestras.



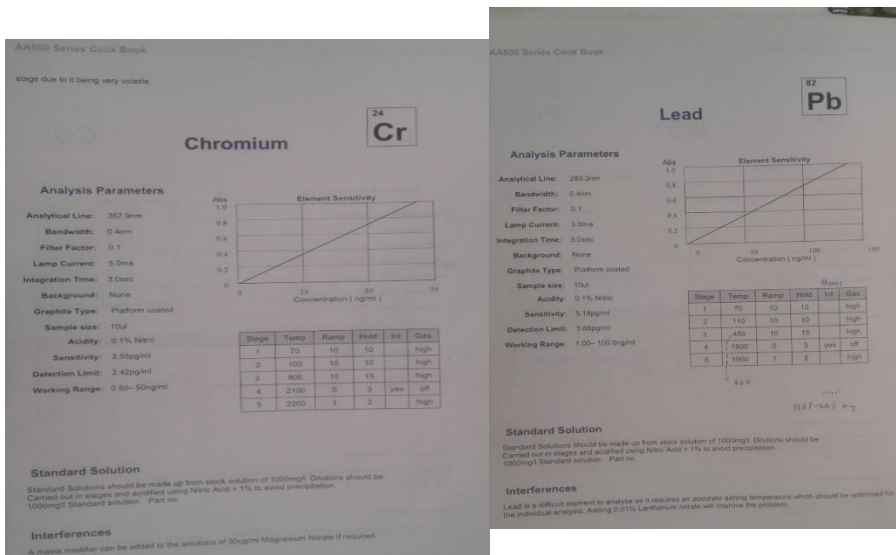
Anexo 9: Secado de muestras picadas del vetiver.



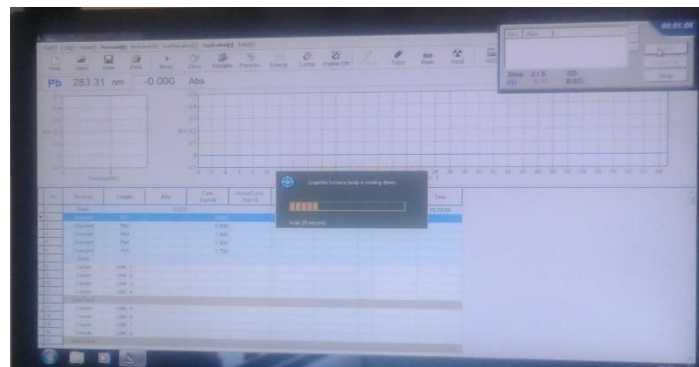
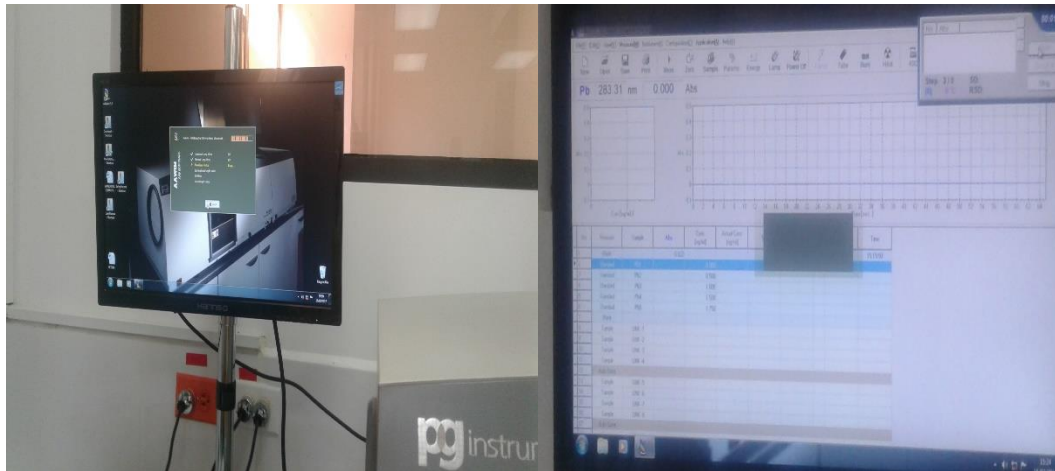
Anexo 10: Codificación de muestras.



Anexo 11: Parámetros de calibración para análisis de plomo y cadmio en el equipo.



Anexo 12: Análisis de muestras preparadas.



Anexo 13: Datos del crecimiento de las hojas de vetiver.

PROMEDIO DE LA HOJA EN cm												
DIAS	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
TESTIGO 50	14,7	19,5	22,8	27,9	34,6	41,3	48,7	55,3	83,7	99,1	107,6	116,2
V50	12,9	18,9	22,8	27	32,8	37,8	44,7	52,8	76,8	95,7	105,2	112,9
TESTIGO 100	16,5	23	28,6	34,8	36,2	45,1	52	58,6	78,2	88,7	97,6	107,4
V100	13,9	22,1	26,3	32	37,6	43,4	52	59,5	75,1	88,8	97,7	104,3

Anexo 14: Datos del crecimiento de las raíz de vetiver.

PROMEDIO DE LA RAIZ EN cm												
DIAS	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
TESTIGO 50	3,7	7,4	12,5	18,9	28,1	38,6	47,3	55,9	63,1	70,1	79,7	91,6
V50	3,2	6,1	11	17,2	25	36,7	46,3	54,1	64,2	72,3	79,1	89,3
TESTIGO 100	3,6	5,9	8,3	11	18	22,8	28,3	36,3	41,6	45	51	58,6
V100	3	4,6	7,2	10,9	16,4	21,9	26,9	35,4	39,8	44,7	50,5	56,1

Pesaje de las partes de la planta en cada tratamiento.

Anexo 15:Datos del peso seco de las hojas y raíces en 100 y 50 plantas de vetiver.

Peso seco hojas en gr				Peso seco Raiz en gr			
Tratamientos	T0	T1	T2	Tratamientos	T0	T1	T2
Testigo hojas 50	4,23	6,25	15,97	Testigo raiz 50	4,17	7,03	9,1
	2,59	7	14,98		4,32	8,11	11,96
	3,1	7,09	15,48		4,41	8,57	10,77
	3,22	7,12	15		4,25	8,9	9,89
	4,05	6,93	14,18		3,9	7,87	11,87
	4,25	7,1	15,16		4,29	8,06	11,5
Testigo hoja 100	2,43	5,54	14,35	Testigo Raiz 100	3,13	6,23	8,6
	2,39	5,91	14,98		3,09	5,39	7,51
	2,41	6,22	14,73		2,97	5,11	8,42
	2,41	6,05	12,32		3,15	5,24	9,99
	2,4	6,2	13,92		3	6,1	7

Tratamiento con 100 y 50 plantas.

Peso seco hojas en gr				Peso seco raiz en gr			
Tratamientos	T0	T1	T2	Tratamientos	T0	T1	T2
Tratamiento hojas 50	3,33	6,25	14,1	Tratamiento raiz 50	5,03	7,9	7,67
	2,7	5,97	14,15		6,41	6,93	8,63
	3,31	5,93	14,08		6,32	6,88	7,59
	2,93	6,2	13,93		6,39	7,36	7,78
	3,21	6,19	13,79		5,78	7,89	8,57
	3,29	6,24	11,93		6,42	7,72	8,6
Tratamiento hoja 100	2,53	5,32	11,18	Tratamiento raiz 100	4,42	5,24	6,88
	2,05	5,15	11,38		4,5	5,25	6,98
	2,2	5,18	11		4,47	4,92	7,1
	2,17	5,15	9,41		4,1	5,12	7,15
	2,32	4,91	9,96		3,99	4,98	6,01

Anexo 16: Resultados de análisis de plomo.

Muestras	ABS (Pb)	Porcentaje de humedad de la muestra seca	Peso (gr)	ng/ml (aplicación de la ecuación)	25 ml del balon	ng/kg de materia	ng/kg de materia seca	mg/kg de materia seca
Blanco	0,008							
Hoja del vetiver 03-11-2016								
Muestra 1 (primera corrida)	0,016	10,5	1,0044	2,581	64,516	64.233,502	71769,27556	0,072
Muestra 1 (segunda corrida)	0,012	10,5	1,0044	1,290	32,258	32.116,751	35884,63778	0,036
Muestra 1 (tercera corrida)	0,011	10,5	1,0044	0,968	24,194	24.087,563	26913,47833	0,027
Raiz del vetiver 03-11-2016								
Muestra 2 (primera corrida)	0,015	9,57	1,0607	2,258	56,452	53.221,093	58853,35904	0,059
Muestra 2 (segunda corrida)	0,016	9,57	1,0607	2,581	64,516	60.824,106	67260,98176	0,067
Muestra 2 (tercera corrida)	0,016	9,57	1,0607	2,581	64,516	60.824,106	67260,98176	0,067
Hoja del vetiver testigo 03-03-2017								
Muestra 3 (primera corrida)	0,017	7,57	1,0186	2,903	72,581	71.255,297	77091,09233	0,077
Muestra 3 (segunda corrida)	0,013	7,57	1,0186	1,613	40,323	39.586,276	42828,38463	0,043
Muestra 3 (tercera corrida)	0,013	7,57	1,0186	1,613	40,323	39.586,276	42828,38463	0,043
Raiz del vetiver testigo 03-02-2017								
Muestra 4 (primera corrida)	0,020	8,98	1,0728	3,871	96,774	90.207,116	99106,91665	0,099
Muestra 4 (segunda corrida)	0,020	8,98	1,0728	3,871	96,774	90.207,116	99106,91665	0,099
Muestra 4 (tercera corrida)	0,019	8,98	1,0728	3,548	88,710	82.689,856	90848,00693	0,091
Hoja del vetiver (100) 03-02-2017								
Muestra 5 (primera corrida)	0,021	8,68	1,0011	4,194	104,839	104.723,514	114677,5228	0,115
Muestra 5 (segunda corrida)	0,023	8,68	1,0011	4,839	120,968	120.834,824	132320,2186	0,132
Muestra 5 (tercera corrida)	0,021	8,68	1,0011	4,194	104,839	104.723,514	114677,5228	0,115
Hoja del vetiver (50) 03-02-2017								
Muestra 6 (primera corrida)	0,037	7,41	1,0206	9,355	233,871	229.150,468	247489,4353	0,247
Muestra 6 (segunda corrida)	0,040	7,41	1,0206	10,323	258,065	252.855,689	273091,7906	0,273
Muestra 6 (tercera corrida)	0,037	7,41	1,0206	9,355	233,871	229.150,468	247489,4353	0,247
Raiz del vetiver (100) 03-02-2017								
Muestra 7 (primera corrida)	0,041	8,13	1,0415	10,645	266,129	255.524,755	278137,319	0,278
Muestra 7 (segunda corrida)	0,047	8,13	1,0415	12,581	314,516	301.983,801	328707,7406	0,329
Muestra 7 (tercera corrida)	0,045	8,13	1,0415	11,935	298,387	286.497,452	311850,9334	0,312
Raiz del vetiver (50) 03-02-2017								
Muestra 8 (primera corrida)	0,067	7,57	1,0236	19,032	475,806	464.836,315	502906,3233	0,503
Muestra 8 (segunda corrida)	0,070	7,57	1,0236	20,000	500,000	488.472,059	528477,8312	0,528
Muestra 8 (tercera corrida)	0,066	7,57	1,0236	18,710	467,742	456.957,733	494382,4873	0,494
Hoja del vetiver testigo (100) 03-05-2017								
Muestra 1 (primera corrida)	0,019	8,29	1,0368	3,548	88,710	85.561,031	93295,20386	0,093
Muestra 1 (segunda corrida)	0,017	8,29	1,0368	2,903	72,581	70.004,480	76332,43952	0,076
Muestra 1 (tercera corrida)	0,019	8,29	1,0368	3,548	88,710	85.561,031	93295,20386	0,093
Hoja del vetiver testigo (50) 03-05-2017								
Muestra 2 (primera corrida)	0,021	8,29	1,0368	4,194	104,839	101.117,583	110257,9682	0,110
Muestra 2 (segunda corrida)	0,021	8,29	1,0368	4,194	104,839	101.117,583	110257,9682	0,110
Muestra 2 (tercera corrida)	0,021	8,29	1,0368	4,194	104,839	101.117,583	110257,9682	0,110
Raiz del vetiver testigo (100) 03-05-2017								
Muestra 3 (primera corrida)	0,020	6,63	1,0574	3,871	96,774	91.520,894	98019,59325	0,098
Muestra 3 (segunda corrida)	0,023	6,63	1,0574	4,839	120,968	114.401,118	122524,4916	0,123
Muestra 3 (tercera corrida)	0,023	6,63	1,0574	4,839	120,968	114.401,118	122524,4916	0,123
Raiz del vetiver testigo (50) 03-05-2017								
Muestra 4 (primera corrida)	0,029	6,63	1,0574	6,774	169,355	160.161,565	171534,2882	0,172
Muestra 4 (segunda corrida)	0,028	6,63	1,0574	6,452	161,290	152.534,824	163365,9888	0,163
Muestra 4 (tercera corrida)	0,028	6,63	1,0574	6,452	161,290	152.534,824	163365,9888	0,163
Hoja del vetiver (100) 03-05-2017								
Muestra 5 (primera corrida)	0,037	7,94	1,0051	9,355	233,871	232.684,278	252752,8546	0,253
Muestra 5 (segunda corrida)	0,037	7,94	1,0051	9,355	233,871	232.684,278	252752,8546	0,253
Muestra 5 (tercera corrida)	0,036	7,94	1,0051	9,032	225,806	224.660,682	244037,2389	0,244
Hoja del vetiver (50) 03-05-2017								
Muestra 6 (primera corrida)	0,051	7,97	1,0281	13,871	346,774	337.296,171	366506,7599	0,367
Muestra 6 (segunda corrida)	0,050	7,97	1,0281	13,548	338,710	329.452,074	357983,3469	0,358
Muestra 6 (tercera corrida)	0,051	7,97	1,0281	13,871	346,774	337.296,171	366506,7599	0,367
Raiz del vetiver (100) 03-05-2017								
Muestra 7 (primera corrida)	0,063	8,68	1,0081	17,742	443,548	439.984,513	481805,2043	0,482
Muestra 7 (segunda corrida)	0,069	8,68	1,0081	19,677	491,935	487.982,823	534365,772	0,534
Muestra 7 (tercera corrida)	0,069	8,68	1,0081	19,677	491,935	487.982,823	534365,772	0,534
Raiz del vetiver (50) 03-05-2017								
Muestra 8 (primera corrida)	0,088	7,05	1,0481	25,806	645,161	615.553,182	662241,1859	0,662
Muestra 8 (segunda corrida)	0,091	7,05	1,0481	26,774	669,355	638.636,427	687075,2303	0,687
Muestra 8 (tercera corrida)	0,091	7,05	1,0481	26,774	669,355	638.636,427	687075,2303	0,687

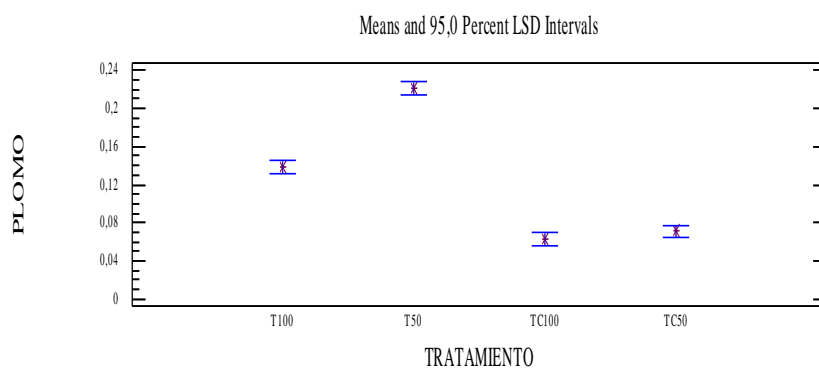
Anexo 17: Resultados de análisis de cadmio.

Muestras	ABS (Cd)	Porcentaje de humedad	Peso (gr)	ng/ml (aplicación de la ecuación)	25 ml del balon	ng/kg de materia	ng/kg de materia seca	mg/kg de materia seca
Blanco	0,003							
Hoja del vetiver 03-11-2016								
Muestra 1 (primera corrida)	0,010	10,5	1,0044	0,153	3,821	3.804,222	4250,528	0,004
Muestra 1 (segunda corrida)	0,009	10,5	1,0044	0,131	3,275	3.260,762	3643,309	0,004
Muestra 1 (tercera corrida)	0,009	10,5	1,0044	0,131	3,275	3.260,762	3643,309	0,004
Raiz del vetiver 03-11-2016								
Muestra 2 (primera corrida)	0,010	9,57	1,0607	0,153	3,821	3.602,301	3983,524	0,004
Muestra 2 (segunda corrida)	0,010	9,57	1,0607	0,153	3,821	3.602,301	3983,524	0,004
Muestra 2 (tercera corrida)	0,011	9,57	1,0607	0,175	4,367	4.116,915	4552,599	0,005
Hoja del vetiver testigo 03-02-2017								
Muestra 3 (primera corrida)	0,011	7,57	1,0186	0,175	4,367	4.287,073	4638,183	0,005
Muestra 3 (segunda corrida)	0,011	7,57	1,0186	0,175	4,367	4.287,073	4638,183	0,005
Muestra 3 (tercera corrida)	0,012	7,57	1,0186	0,197	4,913	4.822,957	5217,956	0,005
Raiz del vetiver testigo 03-02-2017								
Muestra 4 (primera corrida)	0,012	8,98	1,0728	0,197	4,913	4.579,291	5031,083	0,005
Muestra 4 (segunda corrida)	0,011	8,98	1,0728	0,175	4,367	4.070,481	4472,073	0,004
Muestra 4 (tercera corrida)	0,012	8,98	1,0728	0,197	4,913	4.579,291	5031,083	0,005
Hoja del vetiver (100) 03-02-2017								
Muestra 5 (primera corrida)	0,013	8,68	1,0011	0,218	5,459	5.452,518	5970,781	0,006
Muestra 5 (segunda corrida)	0,013	8,68	1,0011	0,218	5,459	5.452,518	5970,781	0,006
Muestra 5 (tercera corrida)	0,015	8,68	1,0011	0,262	6,550	6.543,021	7164,938	0,007
Hoja del vetiver (50) 03-02-2017								
Muestra 6 (primera corrida)	0,034	7,41	1,0206	0,677	16,921	16.579,852	17906,742	0,018
Muestra 6 (segunda corrida)	0,027	7,41	1,0206	0,524	13,100	12.836,015	13863,284	0,014
Muestra 6 (tercera corrida)	0,030	7,41	1,0206	0,590	14,738	14.440,517	15596,195	0,016
Raiz del vetiver (100) 03-02-2017								
Muestra 7 (primera corrida)	0,069	8,13	1,0415	1,441	36,026	34.590,687	37651,777	0,038
Muestra 7 (segunda corrida)	0,070	8,13	1,0415	1,463	36,572	35.114,789	38222,258	0,038
Muestra 7 (tercera corrida)	0,072	8,13	1,0415	1,507	37,664	36.162,991	39363,221	0,039
Raiz del vetiver (50) 03-02-2017								
Muestra 8 (primera corrida)	0,062	7,57	1,0236	1,288	32,205	31.462,720	34039,511	0,034
Muestra 8 (segunda corrida)	0,060	7,57	1,0236	1,245	31,114	30.396,187	32885,629	0,033
Muestra 8 (tercera corrida)	0,059	7,57	1,0236	1,223	30,568	29.862,921	32308,688	0,032
Hoja del vetiver testigo (100) 03-05-2017								
Muestra 1 (primera corrida)	0,021	8,29	1,0368	0,393	9,825	9.476,589	10333,212	0,010
Muestra 1 (segunda corrida)	0,022	8,29	1,0368	0,415	10,371	10.003,066	10907,280	0,011
Muestra 1 (tercera corrida)	0,021	8,29	1,0368	0,393	9,825	9.476,589	10333,212	0,010
Hoja del vetiver testigo (50) 03-05-2017								
Muestra 2 (primera corrida)	0,026	8,29	1,0368	0,502	12,555	12.108,975	13203,549	0,013
Muestra 2 (segunda corrida)	0,026	8,29	1,0368	0,502	12,555	12.108,975	13203,549	0,013
Muestra 2 (tercera corrida)	0,026	8,29	1,0368	0,502	12,555	12.108,975	13203,549	0,013
Raiz del vetiver testigo (100) 03-05-2017								
Muestra 3 (primera corrida)	0,024	6,63	1,0574	0,459	11,463	10.840,630	11610,399	0,012
Muestra 3 (segunda corrida)	0,026	6,63	1,0574	0,502	12,555	11.873,071	12716,152	0,013
Muestra 3 (tercera corrida)	0,026	6,63	1,0574	0,502	12,555	11.873,071	12716,152	0,013
Raiz del vetiver testigo (50) 03-05-2017								
Muestra 4 (primera corrida)	0,030	6,63	1,0574	0,590	14,738	13.937,953	14927,656	0,015
Muestra 4 (segunda corrida)	0,032	6,63	1,0574	0,633	15,830	14.970,394	16033,409	0,016
Muestra 4 (tercera corrida)	0,032	6,63	1,0574	0,633	15,830	14.970,394	16033,409	0,016
Hoja del vetiver (100) 03-05-2017								
Muestra 5 (primera corrida)	0,093	7,94	1,0051	1,965	49,127	48.877,363	53092,943	0,053
Muestra 5 (segunda corrida)	0,093	7,94	1,0051	1,965	49,127	48.877,363	53092,943	0,053
Muestra 5 (tercera corrida)	0,095	7,94	1,0051	2,009	50,218	49.963,527	54272,786	0,054
Hoja del vetiver (50) 03-05-2017								
Muestra 6 (primera corrida)	0,097	7,97	1,0281	2,052	51,310	49.907,639	54229,750	0,054
Muestra 6 (segunda corrida)	0,097	7,97	1,0281	2,052	51,310	49.907,639	54229,750	0,054
Muestra 6 (tercera corrida)	0,093	7,97	1,0281	1,965	49,127	47.783,910	51922,101	0,052
Raiz del vetiver (100) 03-05-2017								
Muestra 7 (primera corrida)	0,196	8,68	1,0081	4,214	105,349	104.502,872	114435,909	0,114
Muestra 7 (segunda corrida)	0,220	8,68	1,0081	4,738	118,450	117.498,047	128666,281	0,129
Muestra 7 (tercera corrida)	0,220	8,68	1,0081	4,738	118,450	117.498,047	128666,281	0,129
Raiz del vetiver (50) 03-05-2017								
Muestra 8 (primera corrida)	0,291	7,05	1,0481	6,288	157,205	149.990,688	161367,066	0,161
Muestra 8 (segunda corrida)	0,300	7,05	1,0481	6,485	162,118	154.677,897	166409,787	0,166
Muestra 8 (tercera corrida)	0,303	7,05	1,0481	6,550	163,755	156.240,300	168090,694	0,168

Anexo 18: Análisis de varianza del contenido de plomo en hojas.

Analysis of Variance for PLOMO - Type III Sums of Squares

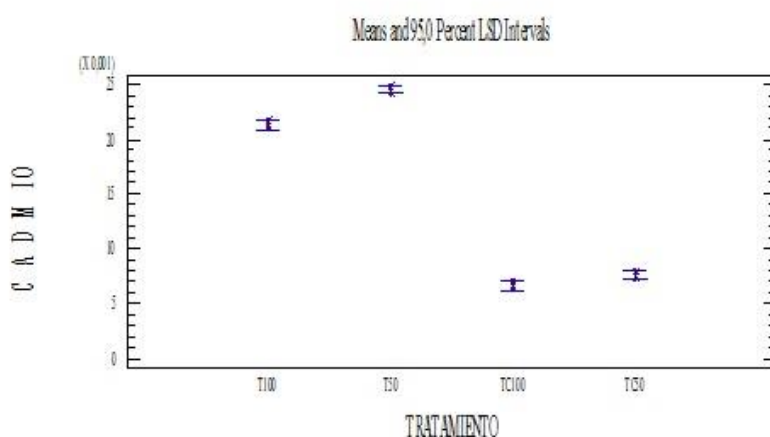
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:TRATAMIENTO	0,147384	3	0,0491279	255,35	0,0000
B:TIEMPO	0,150966	2	0,075483	392,34	0,0000
C:REPLICA	0,00284272	2	0,00142136	7,39	0,0035
INTERACTIONS					
AB	0,0825102	6	0,0137517	71,48	0,0000
RESIDUAL	0,00423261	22	0,000192391		
TOTAL (CORRECTED)	0,387935	35			



Anexo 19: Análisis de varianza del contenido de cadmio en hojas.

Analysis of Variance for CADMIO - Type III Sums of Squares

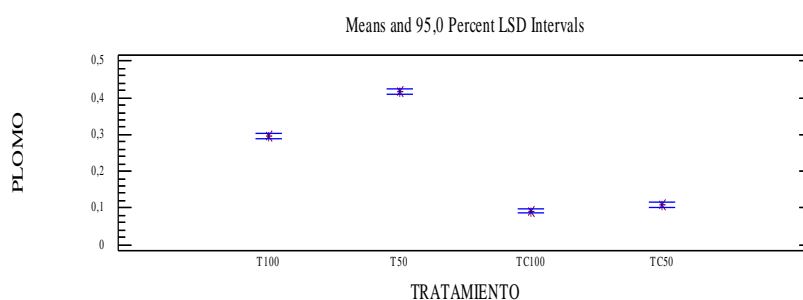
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A: TRATAMIENTO	0,00229167	3	0,000763889	1065,14	0,0000
B: TIEMPO	0,00562206	2	0,00281103	3919,60	0,0000
C: REPLICA	0,00000155556	2	7,77778E-7	1,08	0,3555
INTERACTIONS					
AB	0,00313083	6	0,000521806	727,59	0,0000
RESIDUAL	0,0000157778	22	7,17172E-7		
TOTAL (CORRECTED)	0,0110619	35			



Anexo 20: Análisis de varianza del contenido de plomo en raíz.

Analysis of Variance for PLOMO - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A: TRATAMIENTO	0,657902	3	0,219301	1522,15	0,0000
B: TIEMPO	0,566824	2	0,283412	1967,14	0,0000
C: REPLICA	0,00174572	2	0,000872861	6,06	0,0080
INTERACTIONS					
AB	0,364247	6	0,0607079	421,37	0,0000
RESIDUAL	0,00316961	22	0,000144073		
TOTAL (CORRECTED)	1,59389	35			



Anexo 21: Análisis de varianza del contenido de cadmio en raíz.

Analysis of Variance for CADMIO - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:TRATAMIENTO	0,0112927	3	0,00376422	10424,00	0,0000
B:TIEMPO	0,0139129	2	0,00695644	19264,00	0,0000
C:REPLICA	0,00000405556	2	0,00000202778	5,62	0,0107
INTERACTIONS					
AB	0,00912133	6	0,00152022	4209,85	0,0000
RESIDUAL	0,00000794444	22	3,61111E-7		
TOTAL (CORRECTED)	0,0343389	35			

