



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

**“ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES CON ACHIRA (*Canna indica*) Y PASTO GUINEA (*Panicum maximum*), COMO ALTERNATIVA PARA LA REMOCIÓN DE NITRATOS, FOSFATOS Y CROMO DE AGUA PROCEDENTE DEL RÍO CUTUCHI.”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de

Ingeniero en Medio Ambiente

**Autores:**

Bravo De la Cruz Alex Armando;

Gutiérrez Macato Erik Andrés.

**Tutor:**

PhD. Ilbay Yupa Mercy Lucila.

Latacunga - Ecuador

Febrero-2019

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Bravo De la Cruz Alex Armando y Gutiérrez Macato Erik Andrés, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES CON ACHIRA (*Canna indica*), Y PASTO GUINEA (*Panicum maximum*) COMO ALTERNATIVA PARA LA REMOCIÓN DE NITRATOS, FOSFATOS Y CROMO DE AGUA PROCEDENTE DEL RÍO CUTUCHI.”** , siendo Ilbay Yupa Mercy Lucila, tutora del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

.....  
Bravo De la Cruz Alex Armando

C.I. 050412890-1

.....  
Gutiérrez Macato Erik Andrés

C.I. 050357868-4

## **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 Bravo De la Cruz Alex Armando, identificado con C.C. N° 050412890-1, de estado civil Soltero y con domicilio en Latacunga; Gutiérrez Macato Erik Andrés identificado con C.C. N° 050357868-4 de estado civil Soltero y con domicilio en Latacunga, a quienes en lo sucesivo se denominará LOS CEDENTES; 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 estudiantes de la carrera de Ingeniería De Medio Ambiente, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado Proyecto de Investigación la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

**Historial académico.** (ABRIL 2014- AGOSTO 2014 HASTA OCTUBRE 2018- MARZO-2018)

**Aprobación HCA:** 15 de Febrero del 2019

**Tutor.** - PhD. Ilbay Yupa Mercy Lucila

**Tema:** “ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES CON ACHIRA (*Canna indica*), Y PASTO GUINEA (*Panicum maximum*), COMO ALTERNATIVA PARA LA REMOCIÓN DE NITRATOS, FOSFATOS Y CROMO DE AGUA PROCEDENTE DEL RÍO CUTUCHI.”

**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 temor en la ciudad de Latacunga a los 16 días del mes de febrero del 2019.

.....  
Bravo De la Cruz Alex Armando

.....  
Gutiérrez Macato Erik Andrés

.....  
Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez  
EL CESIONARIO

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

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

**“ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES CON ACHIRA (*Canna indica*), Y PASTO GUINEA (*Panicum maximum*), COMO ALTERNATIVA PARA LA REMOCIÓN DE NITRATOS FOSFATOS Y CROMO DE AGUA PROCEDENTE DEL RÍO CUTUCHI.”** de Bravo De la Cruz Alex Armando y Gutiérrez Macato Erik Andrés , de la carrera de Ingeniería de Medio Ambiente, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 15 febrero, 2019

.....

PhD. Ilbay Yupa Mercy Lucila

**TUTORA DE TESIS**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN**

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: Bravo De la Cruz Alex Armando y Gutiérrez Macato Erik Andrés con el título de Proyecto de Investigación: “**ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES CON ACHIRA (*Canna indica*) Y PASTO GUINEA (*Panicum maximum*), COMO ALTERNATIVA PARA LA REMOCION DE NITRATOS, FOSFATOS Y CROMO DE AGUA PROCEDENTE DEL RÍO CUTUCHI**”, 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, 15 de febrero del 2019.

Para constancia firman:

---

**Lector 1 Presidente**

**Nombre:** MSc. Vinicio Mogro

**CC:**

---

**Lector 2**

**Nombre:** MSc Kalina Fonseca

**CC: 1723534457**

---

**Lector 3**

**Nombre:** PhD. David Landívar

**CC: 160055272**



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 del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados de la Carrera de **INGENIERIA EN MEDIO AMBIENTE** de la **FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**, **BRAVO DE LA CRUZ ALEX ARMANDO Y GUTIERREZ MACATO ERIK ANDRES**, cuyo título versa "**ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES CON ACHIRA (*Canna indica*) y PASTO GUINEA (*Panicum máximum*) PARA LA REMOCION DE NITRATOS, FOSFATOS Y CROMO DE AGUA PROCEDENTE DEL RIO CUTUCHI**", lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

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

Latacunga, 28 de febrero del 2019

Atentamente,

  
-----  
**MARCELO PACHECO PRUNA**  
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS  
C.C. 050261735-0



## AGRADECIMIENTO

*A mi familia por su amor y apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, a todas esas personas especiales que con su confianza me han ayudado a ser una mejor persona, a la vez a mis docentes que con su exigencia y sabiduría me han formado como un profesional humano y capaz de aportar al desarrollo sociedad.*

### **Autores:**

Bravo De la Cruz Alex Armando

Gutiérrez Macato Erik Andrés.

## **DEDICATORIA**

*El presente trabajo de investigación está dedicado a mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida, el logro es suyo. A todas las personas que me acompañaron en muchas etapas de mi vida, aportando a formación tanto profesional y como ser humano.*

### **Autores:**

Bravo De la Cruz Alex Armando

Gutiérrez Macato Erik Andrés

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERIA DE MEDIO AMBIENTE

**TITULO: “ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES CON LAS ESPECIES: ACHIRA (*Canna indica*), Y PASTO GUINEA (*Panicum maximum*), COMO ALTERNATIVA PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA PROCEDENTE DEL RÍOCUTUCHI”**,

**Autores:** Bravo De la Cruz Alex Armando.

Gutiérrez Macato Erik Andrés.

## RESUMEN

Las Islas Flotantes Artificiales son un sistema de fitorremediación de aguas contaminadas, similar a los humedales naturales. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de *Canna indica* y *Panicum maximum* en la remoción de NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub> y Cr III en aguas procedente del río Cutuchi. Para ello se instaló una isla flotante de 0,12 m<sup>2</sup> en un cuerpo de agua de 67litros (Tratamiento 1), tres repeticiones y un testigo. Las evaluaciones de los parámetros removidos fueron cada 21 días y cada siete días del desarrollo de la planta durante cuatro meses. Los porcentajes de remoción fueron: Nitratos 71,96 %, Fosfatos 53,13% y Cromo 87,08%. El sistema con las variedades *Canna indica* y *Panicum maximum* constituye una alternativa para mejorar la calidad del agua.

**Palabras clave:** Isla Flotante Artificial, fitorremediación, nitrato, fosfato, cromo.

# THECNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

## FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

**TITLE: "ARTIFICIAL FLOATING ISLANDS WITH ACHIRA (*Canna indica*), AND PASTE GUINEA (*Panicum maximum*), AS AN ALTERNATIVE TO IMPROVE THE QUALITY OF WATER FROM CUTUCHI RIVER"**

**Authors: Bravo De la Cruz Alex Armando.**

Gutiérrez Macato Erik Andrés.

### ABSTRACT

The Artificial Floating Islands are a system of phytoremediation of polluted waters, similar to natural wetlands. The objective of this investigation was to evaluate the effect of *Canna indica* and *Panicum maximum* on the removal of  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$  and Cr III in waters from Cutuchi River. For this, a floating island of  $0.12 \text{ m}^2$  was installed in a body of water of 67 liters (Treatment 1), three repetitions and a witness. The evaluations of the parameters removed were every 21 days and every seven days of the development of the plant during four months. The percentages of removal were: Nitrates 71.96%, Phosphates 53.13% and Chromium 87.08%. The system with the *Canna indica* and *Panicum maximum* varieties constitutes an alternative to improve water quality.

**Keywords:** Artificial Floating Island, phytoremediation, nitrate, phosphate, chromium

## ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	i
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR .....	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	v
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....	vii
AVAL DE TRADUCCIÓN .....	vii
AGRADECIMIENTO .....	viii
DEDICATORIA .....	ix
RESUMEN .....	x
ABSTRACT .....	xi
ÍNDICE .....	xii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xix
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xx
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	xxii
2. INTRODUCCIÓN .....	1
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	2
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....	3
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	4
6. OBJETIVOS .....	5
6.1 General .....	5
6.2 Específicos .....	5
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA .....	6
7.1 Calidad de agua .....	6
7.2 Contaminación hídrica .....	6
7.3 Contaminación hídrica del río Cutuchi .....	6
7.3.1 Generalidades .....	6

7.3.2 Caracterización actual de la contaminación del río Cutuchi .....	7
7.3.3 Contaminación por nitratos y fosfatos en el río Cutuchi. ....	7
7.3.4 Contaminación por cromo en el río Cutuchi.....	8
7.4 Métodos convencionales de tratamiento.....	9
7.4.1. La electrocoagulación.....	9
7.4.2. Procesos de Adsorción (Convencional). ....	10
7.4.3 Precipitación Química. ....	10
7.4.5 Coagulación – Flocculación.....	10
7.4.6 Ultrafiltración. ....	11
7.4.7 Extracción con disolventes.....	11
7.5 Costos de tratamientos convencionales.....	11
7.6 Métodos alternativos.....	13
7.6.1 Adsorbentes de Bajo Costo y Nuevos Adsorbentes.....	13
7.6.2 Biopolímeros. ....	14
7.6.3 Fitorremediación. ....	14
7.6.4 Los humedales .....	14
7.7 Islas flotantes artificiales IFAs.....	15
7.7.1 Historia.....	16
7.7.2 Estructura.....	16
7.7.3 Funcionamiento.....	17

7.7.4 Tratamiento de contaminantes en la rizosfera .....	18
7.8 IFAs Ecuador.....	19
7.9 La achira ( <i>Canna indica</i> ), y pasto guinea ( <i>Panicum maximum</i> ).....	20
7.9.1 Taxonomía Achira .....	20
7.9.2 Taxonomía pasto guinea.....	21
7.10 Fenología achira ( <i>Canna indica</i> ) - Etapas del ciclo.....	23
7.10.1 Latencia/dormancia.....	23
7.10.2 Germinación/brotamiento y emergencia.....	23
7.10.3 Crecimiento. ....	23
7.10.4 Floración/fructificación .....	24
7.10.5 Senescencia.....	24
7.10.6 Clima.....	24
7.10.7 Temperatura.....	24
7.10. 8 Precipitaciones .....	24
7.10.9 Luminosidad.....	25
7.10.10 Suelo .....	25
7.10.11 Agua.....	25
7.11 Fenología pasto guinea ( <i>Panicum maximum</i> ) Etapas del ciclo.....	25
7.11.1 Germinación/brotamiento y emergencia.....	25
7.11.2 Crecimiento .....	26

7.11.2 Floración.....	26
7.11.3 Clima.....	26
7.11.4 Temperatura.....	27
7.11.5 Precipitación.....	27
7.12 Especies <i>Canna indica</i> y <i>Panicum maximum</i> en el tratamiento de nitratos, fosfatos y cromo.....	27
7.12.1 La rizofiltración.....	27
7.12.2 Achira y cromo.....	28
7.12.3 Pasto guinea nitratos y fosfatos .....	28
7.13 Mecanismos bioquímicos desarrollados por los microorganismos para el tratamiento de metales pesados .....	28
7.13.1 Biopelículas .....	28
7.13.2 Unión a metales, bioacumulación y liosorción. ....	29
7.13.3 Microorganismos implicados en los procesos de biopelículas. ....	30
7.13.4 Procesos Bio-sorción. ....	30
7.13.5 Quelación.....	31
7.13.5 Transformación de la valencia del metal .....	31
8. METODOLOGÍA.....	32
8.1 Área de estudio.....	32
8.1.1 Sitio de recolección del agua. ....	33
8.2 Protocolos de toma de muestra. ....	33

8.2.1 Protocolo de muestreo de acuerdo con las Normas de INEN Agua. Calidad de Agua. Muestreo. Manejo y Conservación de Muestras.....	33
8.2.2 Protocolo de muestreo de acuerdo con las especificaciones del INAMHI - LANCAS.....	35
8.3 Adecuación de un medio controlado para la instalación del sistema. ....	37
8.4 Construcción de la matriz flotante.....	37
8.4.1 Selección de materiales: .....	37
8.5 Conformación de la matriz flotante.....	37
8.6 Implementación del sustrato en IFA. ....	38
8.6.1 Elaboración de sustrato: .....	38
8.6.2 Aplicaciones del sustrato en el sistema.....	39
8.7 Adecuación del cuerpo hídrico. ....	41
8.7.1 Sistema de Aeración. ....	41
8.8 Adaptación de las especies vegetativas al Sistema. ....	42
8.9 Evaluación del crecimiento de la planta. ....	43
8.10 Análisis de coliformes fecales. ....	43
8.11 Determinación del porcentaje de remoción.....	44
9. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.....	45
9.1 Área de estudio.....	45
9.2 Estructura IFA, matriz flotante y sustrato.....	45
9.3 Desarrollo de <i>Canna indica</i> y <i>Panicum maximum</i> .....	46

9.3.1 Etapas de desarrollo de tallos y hojas de <i>Canna indica</i> y <i>Panicum maximum</i> .....	46
9.3.2 Desarrollo de la raíz de <i>Canna indica</i> y <i>Panicum máximo</i> . ....	48
9.4 Presencia de coliformes fecales. ....	49
9.5 Eficiencia de remoción de nitratos, fosfatos y cromo en IFA. ....	50
9.5.1 Concentración de los parámetros evaluados de agua procedente de río Cutuchi.....	50
9.5.2 Porcentaje de absorción de nitratos y fosfatos. ....	52
9.5.3 Concentraciones de nitratos, fosfatos y cromo en condiciones controladas.....	54
9.5.4 Islas flotantes artificiales como alternativa eco tecnológica. ....	56
9.6 Discusión de resultados. ....	57
9.6.1 Estructura IFA, matriz flotante y sustrato.....	57
9.6.2 Desarrollo de <i>Canna indica</i> y <i>Panicum maximum</i> .....	57
9.6.3 Presencia de coliformes fecales. ....	57
9.6.4 Eficiencia de remoción de nitratos, fosfatos y cromo en IFA.....	57
9.6.5 Islas flotantes artificiales como alternativa eco tecnológica. ....	58
10. IMPACTOS (TÉCNICO, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS) .....	59
10.1 Técnicos. ....	59
10.2 Sociales. ....	59
10.3 Ambientales. ....	59
10.4 Económicos. ....	59
11. CONCLUSIONES. ....	60
12. RECOMENDACIONES. ....	60

13. BIBLIOGRAFIA .....	61
14. ANEXOS .....	66
Anexo 1. Hojas de vida.....	66
Anexo 2. Desarrollo de <i>Canna indica</i> y <i>Panicum máximum</i> .....	71
Anexo 3. Identificación de coliformes fecales.....	73
Anexo 4. Medios de cultivo, muestras de agua. ....	75
Anexo 5. Resultados laboratorio INAMHI. ....	76

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.-</b> Beneficiarios indirectos.....	3
<b>Tabla 2.-</b> Costos de tratamientos convencionales.....	11
<b>Tabla 3.-</b> Clasificación Taxonomía Achira.....	20
<b>Tabla 5.-</b> Clasificación Taxonomía Pasto guinea.....	21
<b>Tabla 6.-</b> Comunidad microbiana de las biopelículas.....	30
<b>Tabla 7.-</b> Requerimiento para la toma de muestra.....	35
<b>Tabla 8.-</b> Materiales para la elaboración del sustrato.....	39
<b>Tabla 9.-</b> Características del sustrato.....	39
<b>Tabla 10.-</b> Función del sistema aireador.....	41
<b>Tabla 11.-</b> Trasplante, siembra y adaptación de <i>Canna indica</i> y <i>Panicum máximum</i> .....	42
<b>Tabla 12.-</b> Bacterias identificadas.....	49
<b>Tabla 13.-</b> Bacterias identificadas.....	49
<b>Tabla 14.-</b> Concentraciones de nitratos.....	50
<b>Tabla 15.-</b> Concentraciones de fosfatos.....	51
<b>Tabla 16.-</b> Porcentaje de absorción de nitratos.....	52
<b>Tabla 17.-</b> Porcentaje de absorción de fosfatos.....	53
<b>Tabla 18.-</b> Variación general de concentraciones.....	54
<b>Tabla 19.-</b> Porcentaje general de remoción.....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Isla Flotante artificial. ....	15
<b>Figura 2:</b> Estructura flotante, fibra de coco. ....	17
<b>Figura 3:</b> Funcionamiento del sistema. ....	17
<b>Figura 4:</b> Islas Flotantes en Guayaquil.....	19
<b>Figura 5:</b> ( <i>Canna indica</i> ) & ( <i>Panicum maximum</i> ).....	22
<b>Figura 6:</b> Cuenca del río Cutuchi.....	33
<b>Figura 7:</b> Matriz flotante- materiales.....	37
<b>Figura 8:</b> Matriz flotante.....	38
<b>Figura 9:</b> Sustrato en los sistemas flotantes establecidos. ....	40
<b>Figura 10:</b> Sistema de isla flotante. ....	41
<b>Figura 11:</b> Evaluación desarrollo de la plantas. ....	43
<b>Figura 12:</b> Siembra de coliformes. ....	44
<b>Figura 13:</b> Campus Salache, Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias .....	45
<b>Figura 14:</b> Sistema IFA. ....	46
<b>Figura 15:</b> Desarrollo de <i>Canna indica</i> y <i>Panicum maximum</i> .....	46
<b>Figura 16:</b> Desarrollo de <i>Canna indica</i> y <i>Panicum maximum</i> .....	47
<b>Figura 17:</b> Desarrollo de la raíz de <i>Canna indica</i> y <i>Panicum maximum</i> .....	48
<b>Figura 18:</b> Concentraciones de nitratos.....	50
<b>Figura 19:</b> Concentraciones de fosfatos.....	51
<b>Figura 20:</b> Porcentaje de absorción de nitratos. ....	52
<b>Figura 21:</b> Porcentaje de absorción de fosfatos.....	53

**Figura 22:** Variación general de concentraciones..... 54

**Figura 23:** Porcentaje general de remoción..... 55

## **1. INFORMACIÓN GENERAL.**

### **Título del Proyecto:**

**ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES CON LAS ESPECIE ACHIRA (*Canna indica*), Y PASTO GUINEA (*Panicum maximum*) COMO ALTERNATIVA PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA PROCEDENTE DEL RIO CUTUCHI.**

### **Fecha de inicio:**

Abril del 2018. Inicio de asignatura Proyecto de Titulación I.

### **Fecha de finalización:**

Febrero 2019 Finalización de Proyecto de Titulación II.

### **Lugar de ejecución:**

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Campus Salache de la “Universidad Técnica de Cotopaxi”.

### **Facultad que auspicia**

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

### **Carrera que auspicia:**

Ingeniería de Medio Ambiente.

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

Recursos Hídricos - Calidad de agua

### **Equipo de Trabajo:**

#### **Coordinador de Proyecto de Investigación.**

**Apellidos y Nombres:** Fonseca Largo Kalina Marcela

**Email:** [kalina.fonseca@utc.edu.ec](mailto:kalina.fonseca@utc.edu.ec)

**Celular:** 0996267102

### **Formación Académica:**

- LICENCIADA EN TURISMO ECOLÓGICO, UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, ECUADOR.
- MÁSTER EN ECOLOGÍA Y MANEJO DE LOS RECURSOS NATURALES, UNIVERSIDAD ESTATAL RUSA DE HIDROMETEOROLOGÍA, RUSSIAN FEDERATION.

**Tutor de Titulación.**

**Apellidos y Nombres:** Ilbay Yupa Mercy Lucila

**C.I.:** 0604147900

**Email:** [merckyu@hotmail.com](mailto:merckyu@hotmail.com)

**Celular:** 0987533861

**Formación Académica:**

- INGENIERA AGRÓNOMA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, ECUADOR 2011.
- ASESORA EN EL MANEJO DE PARAMOS Y ZONAS DE ALTURA DE LA UNIVERSIDAD CONSORCIO DE CAMAREN, ECUADOR 2012.
- MAGISTER EN RIEGO Y DRENAJE UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, ECUADOR 2015.
- DOCTORIS PHILOSOPHI EN RECURSOS HÍDRICOS UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA, PERÚ.

**Estudiantes:**

Bravo Alex  
Gutiérrez Erik

**Área de Conocimiento:**

Ambiente \_Manejo del Recurso Hídrico

**Línea de investigación:**

Análisis conservación y aprovechamiento de la biodiversidad.

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

Impactos Ambientales.

## **2. INTRODUCCIÓN.**

La fitorremediación se realiza a través de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen lugar en la densidad de sus raíces, tallos y hojas, es así que el exceso de nutrientes es absorbido por la planta, mientras que los metales pesados como el cromo son bio-acumulado en tallos y hojas.

En la presente investigación se implementó el sistema de islas flotantes Artificiales (IFA) con las especies achira y pasto guineo, como una alternativa para mejorar la calidad de agua contaminada por nitratos, fosfatos y cromo.

Para la implementación de las IFA se construyó un invernadero que alojó tres peceras con sus respectivas islas flotantes constituidas por matriz flotante y sustrato. La matriz flotante se construyó con botellas plásticas, tubos y mallas de poli cloruro de vinilo reciclado.

Esta matriz flotante provee un área de crecimiento y estabilidad para las especies vegetativas en estudio. El sustrato propicia un medio idóneo para la interrelación de materia orgánica, planta y microorganismos.

La construcción del sistema es relativamente sencilla, así también su instalación y mantenimiento son considerablemente económicos en comparación con los costos generados en la instalación de plantas de tratamiento.

### 3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El deficiente tratamiento que se da a las aguas residuales de origen industrial, agrícola y doméstico provoca enfermedades en la población de la micro cuenca del río Cutuchi, especialmente por la ingesta de alimentos regados con estas aguas.

La calidad de los recursos hídricos de la provincia se ve degradada a pesar que existe la tecnología necesaria para el tratamiento pero la implementación se ve limitada por sus elevados costos de construcción operación y mantenimiento. La necesidad de buscar alternativas de bajo costo y fácil instalación, generó el desarrollo de esta investigación.

Las islas flotantes artificiales (IFA) está constituida por dos tipos de tecnología: la hidroponía combinada con la fitorremediación. Además cabe resaltar que las IFA son de fácil construcción, instalación y su aplicación es recomendable en lagos, lagunas, estuarios y reservorios para la remoción de materia orgánica, coliformes fecales y metales pesados.

Las especies *Canna indica* y *Panicum maximum* a pesar de no nativas están bastante adaptadas y distribuidas en los ecosistemas del Ecuador. Son plantas perennes por tal motivo no requieren de un mayor control, teniendo considerables ahorros económicos en el mantenimiento.

Comentado [U1]:

#### 4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Los beneficiarios son determinados en base al censo de población y vivienda realizado en el año 2010 por el Instituto Nacional de Estadística y Censo, además se consideran grupos o instituciones inherentes al manejo del recurso hídrico.

##### **Beneficiarios directos:**

- Secretaría del Agua
- Ministerio del Ambiente
- Ministerio de Agricultura y Ganadería
- Ministerio de Salud Pública
- Gobiernos Autónomos Descentralizados.
- Academia

**Tabla 1.-** Beneficiarios indirectos

<b>Pobladores de la (M.R.C.) del río Cutuchi</b>		
Hombres	Mujeres	Total
110.181	118.524	228.705

**Fuente:** (INEC, 2010)

**Elaborado por:** Bravo Alex & Gutiérrez Erik

## **5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

Cada día se vierte dos millones de toneladas de aguas residuales domésticas, industriales y agrícolas en los sistemas hídricos del mundo (Ban Ki-moon, 2014). Algunas muertes por causas ambientales ocurren en países en desarrollo en Asia, África y América Latina, donde la contaminación genera los mayores costos para la salud (Adhanom, 2018).

Las aguas del río Cutuchi se encuentran altamente contaminadas ya que en todo su cauce desde el sector de Lasso, Provincia de Cotopaxi recibe aguas servidas de: fábricas, establos, mataderos, y demás fuentes sin previo tratamiento. En la ciudad de Latacunga recibe un volumen diario de 30.000m<sup>3</sup> de aguas servidas de uso doméstico, aguas residuales de algunas fábricas de alimentos, entre estas lecheras y cárnicas; del Hospital General y del Seguro Social (MSP, 2014).

Elevadas concentraciones de nitratos provocan acidificación de ríos afectando a la población de fauna y flora acuática. El vertido directo de fosfatos estimula los procesos de eutrofización reduciendo la concentración de oxígeno y varía el pH (EPA, 2000)

Las aguas contaminadas con cromo provocan problemas respiratorios, defectos de nacimiento, infertilidad y formación de tumores. La presencia de nitratos y fosfatos en el río Cutuchi afecta a la salud de la población provocando enfermedades y afecciones en el sistema óseo y urinario circulatorio.

Las plantas de tratamiento convencional requieren insumos químicos que generan impactos secundarios en el ambiente, además de que suponen un elevado costo para sus estudios de aplicación, construcción y operación Frente a los impactos negativos y la eventual ineficiencia que representa estos tratamientos, es necesaria la investigación de métodos alternos que cambien el enfoque de depuración de aguas contaminadas. (Hudson, 2017).

## **6. OBJETIVOS.**

### **6.1 General**

- Evaluar el efecto de las especies Achira (*Canna indica*), y Pasto guinea (*Panicum maximum*) en la remediación de aguas contaminadas con Nitratos, Fosfatos y Cromo.

### **6.2 Específicos**

- Estructurar el sistema de Islas Flotantes Artificiales (IFAs) y la evaluación del crecimiento de las plantas.
- Determinar el porcentaje de absorción de Nitratos, Fosfatos y bioacumulación de Cromo.
- Evaluar el sistema de Islas flotantes como alternativa de remediación de aguas.

## **7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA**

### **7.1 Calidad de agua**

La calidad hace referencia a las características químicas, físicas y biológicas del agua, en su estado natural o residual, la calidad depende principalmente del uso, las actividades antrópicas han generado problemas con el control de la calidad del agua, con la utilización de fertilizantes en la agricultura esto puede resultar un exceso de nitrógeno y fosforo en el agua superficial, causando los excedentes llamados nutrientes porque actúan como alimento para las plantas además del uso de metales pesados en la industria originando un notable deterioro en calidad del agua (Saransig, 2009).

### **7.2 Contaminación hídrica**

Esta contaminación se entiende como la alteración química o de otra naturaleza en concentraciones superiores a las condiciones naturales. Entre los contaminantes más importantes se encuentran los microbios, los nutrientes, los metales pesados, los químicos orgánicos, aceites, sedimentos y cambios de temperatura ( WWAP, 2009).

### **7.3 Contaminación hídrica del río Cutuchi**

#### **7.3.1 Generalidades**

El río Cutuchi abarca un área de 14.996 hectáreas dentro de las provincias de Cotopaxi y Tungurahua, nace de los deshielos del volcán Cotopaxi, se encuentra en parte alta de la cuenca del río Pastaza, atraviesa las ciudades de Latacunga, salcedo y parte de Ambato, con una pendiente de 8.8%, es uno de los principales ríos de la zona sierra centro, sus aguas son utilizadas principalmente para actividades pecuarias. Las precipitaciones fluctúan entre 250- 500 mm anuales (INAMHI, 2012).

### **7.3.2 Caracterización actual de la contaminación del río Cutuchi**

El Río Cutuchi es un recurso natural de alto riesgo para la salud, como lo evidencia los resultados emitidos por esta institución y lo ratifica la investigación a cargo del ohiec – convenio con el Gobierno Belga del año 2002 y concluyen que la contaminación del agua afecta la salud pública, los niveles de enfermedades hídricas, los parámetros de cero tolerancia para ciertos elementos: grasas y aceites, coliformes fecales, sólidos disueltos, no se respetan y se usa el agua para consumo humano, abrevadero y producción agrícola que luego se comercializan en Quito, Latacunga, Ambato y la Costa (ARCSEA, 2014).

### **7.3.3 Contaminación por nitratos y fosfatos en el río Cutuchi.**

La presencia de nitratos en el río Cutuchi se debe a que atraviesa una zona de importante producción florícola, ganadera y de agricultura no tecnificada mientras que la alta contaminación de fosfatos se da por el alto consumo de detergentes, jabones en actividades domiciliarias (Troya, 2012).

El agua del río Cutuchi que es conducida por el canal Latacunga-Salcedo-Ambato, presenta una concentración de 0,11 mg/l de nitritos, 4,9 mg/l de nitratos y 10 mg/l de fosfato. (Illanes, 2016).

La contaminación por compuestos nitrogenados puede ser puntual y dispersa, en primer caso se asocia a actividades de origen industrial, ganadero o urbano (vertido de residuos industriales, de aguas residuales urbanas o de efluentes orgánicos de las explotaciones ganaderas, y lixiviación de vertederos, entre otros), la principal causa de contaminación dispersa es por actividad agronómica (Vitousek, et al., 1997).

Las principales rutas de ingreso de nitrógeno a las masas de agua son a través de aguas residuales industriales o municipales, por tanques sépticos o descargas de corrales ganaderos, residuos animales y también por las descargas de la emisión de gases de vehículos (Meza, et al., 2012).

Existe un incremento considerable del ion fosfato. En el río Cutuchi, que provoca la muerte de la fauna acuática, por la gran cantidad de poli fosfatos provenientes de los detergentes en las aguas residuales. El ion fosfato suele operar como un nutriente del crecimiento de algas (Baird, 2001).

Existe mayor concentración de fosfatos, crecen las algas de manera desmedida, lo que a su vez afecta la cantidad de oxígeno presente en el agua, situación que conlleva a un proceso de eutrofización (Bolaños, et al., 2017).

#### **7.3.4 Contaminación por cromo en el río Cutuchi**

El cromo se puede encontrar en varios estados de oxidación, siendo los más comunes, el cromo (III) y el cromo (VI). (Quishpe A, 2010)

Los suelos ricos en serpentina y los desechos de curtiembre tienen una concentración alta de cromo (III), sin embargo el cromo (VI) es la forma más biodisponible (pero inestable) para las plantas en el suelo. Los cambios de pH y los exudados radicales pueden influenciar el estado de oxidación del cromo y con esto aumentar o disminuir la cantidad de cromo disponible para las plantas (Acevedo & otros, 2005).

Estudios realizados han determinado que la micro cuenca del río Cutuchi ha sido catalogada como un río muerto puesto a la gran contaminación existente en el mismo por diferentes contaminantes, como es el cromo que se utiliza principalmente en las curtiembres y en la fabricación de agroquímicos (Quezada, 2012)

No es conocido que el Cromo se acumule en los peces, pero altas concentraciones de Cromo, debido a la disponibilidad de metales en las aguas superficiales, pueden dañar las agallas de los peces que nadan cerca del punto de vertido, en los animales el Cromo puede causar problemas respiratorios, una baja disponibilidad puede dar lugar a contraer las enfermedades, defectos de nacimiento, infertilidad y formación de tumores.

Así mismo cromo VI es un peligro para la salud de las personas, este elemento está clasificado por la IARC (International Agency for Research on Cancer) en el grupo I cancerígeno comprobado en humanos ya que en exposición ocupacional produce cáncer en el sistema respiratorio (Perdomo, et al., 2015)

Las principales actividades humanas que incrementan las concentraciones de cromo (III) son el acero, industrias textiles, pintura eléctrica y otras aplicaciones industriales de cromo (VI). Estas aplicaciones aumentan las concentraciones de cromo en agua. El cromo (VI) es principalmente tóxico para los organismos. Esto puede alterar el material genético y causar cáncer.

Los cultivos contienen sistemas para administrar el cromo para hacer de este lo suficientemente bajo como para no causar cualquier tipo de cáncer. Sin embargo, cuando la cantidad de cromo en el suelo aumenta, esto puede aumentar las concentraciones en los cultivos. La acidificación del suelo también puede influir en la absorción de cromo por los cultivos (Ponce, 2016)

No es conocido que el cromo se acumule en los peces, pero altas concentraciones de cromo, debido a la disponibilidad de metales en las aguas superficiales, pueden dañar las agallas de los peces que nadan cerca del punto de vertido (Mendoza, 2014)

#### **7.4 Métodos convencionales de tratamiento.**

##### **7.4.1. La electrocoagulación.**

La electrocoagulación es una alternativa de solución a los graves problemas de contaminación causada por los diferentes efluentes industriales especialmente aquellos que liberan materiales pesados durante el proceso de producción. Es un proceso combinado de coagulación y floculación que se desarrolla en un reactor electrolítico, es decir, que este recipiente contiene electrodos dotados de una fuente de corriente y están encargados de contribuir con los iones desestabilizadores de coloides que reemplazan las funciones de las sustancias químicas ( Aziz, et, al., 2008)

#### **7.4.2. Procesos de Adsorción (Convencional).**

La técnica presenta remoción de una amplia variedad de contaminantes, un alto grado de capacidad, cinética rápida y posiblemente selectiva dependiendo del adsorbente Liu & Lee (2014). Los carbones activados, arcillas, biopolímeros, zeolitas, perlas de sílice y plantas o desechos lignocelulósicos son algunos de los adsorbentes, que comúnmente son empleados para remover colorantes iónicos, metales pesados, materiales radioactivos entre otros contaminantes orgánicos e inorgánicos generados por diferentes tipos de industrias (Osei, et al., 2015).

#### **7.4.3 Precipitación Química.**

La precipitación química es una técnica aplicable para la eliminación de metales que precipiten, previa alcalinización del sistema, bien como carbonatos o bien como sulfuros. Con la precipitación química se logran altos rendimientos de eliminación de metales, incluso a valores de pH más bajos que los estequiométricos, y aun en presencia de compuestos y sustancias químicas con capacidad de formar complejos metálicos (Marin, 2012).

Es una de las técnicas más utilizadas en los procesos industriales debido a su sencillez de operación, además de ser económica y selectiva, aunque su mantenimiento es costoso debido a una generación elevada de lodos.

#### **7.4.5 Coagulación – Floculación.**

Son procesos que se emplean con el fin de reducir altas cargas orgánicas, incluso cargas con alto porcentaje de bio-degradabilidad de un agua residual contando con la ventaja adicional de que además los efluentes puedan presentar un contenido importante de metales u otros compuestos inorgánicos, estos procesos consisten en añadir sustancias químicas con el fin de desestabilizar las partículas coloides y formar aglomerados o flocs (Galvin, 2012)

#### **7.4.6 Ultrafiltración.**

La ultrafiltración es un proceso de fraccionamiento selectivo utilizando presiones de hasta 145 psi (10 bares). La ultrafiltración se utiliza ampliamente en el fraccionamiento de leche y suero, y en fraccionamiento proteico. Concentra sólidos en suspensión y solutos de peso molecular mayor a 1000 umas. El permeado contiene solutos orgánicos de bajo peso molecular y sales (Alka, et al., 2012).

Este puede ser un proceso netamente automatizado, no requiere del uso de sustancias químicas y una vez empleado genera un agua de buena calidad, aunque su costo de inversión y operación es elevado ya que la membrana debe ser renovada continuamente.

#### **7.4.7 Extracción con disolventes.**

En las técnicas extractivas en las que se hace uso de los coeficientes de reparto de una sustancia dada frente a otra u otras, es decir, de su distinta afinidad con relación a los componentes existentes en mezclas de sustancias variadas, suelen utilizarse compuestos orgánicos activos, con el fin de extraer compuestos orgánicos e inorgánicos contaminantes del efluente resultante de un proceso productivo (Marin, 2012).

### **7.5 Costos de tratamientos convencionales.**

**Tabla 2.-** Costos de tratamientos convencionales.

<b>MÉTODO</b>	<b>TRATAMIENTO</b>	<b>COSTOS</b>	<b>LIMITANTES</b>
---------------	--------------------	---------------	-------------------

<b>FILTRACIÓN</b>	Filtros de arena	Costo bajo de inversión en infraestructura, costo elevado de terreno.	No pueden remover turbiedades elevadas y que requieren de grandes superficies.
	Filtros de tierras diatomáceas	Costo bajo de inversión y de manejo.	No retienen materia orgánica.
	Filtros de carbón activado	Costo bajo de inversión, costo medio de mantenimiento.	No remueven bacterias, metales, nitratos, generan residuo.
<b>DESINFECCIÓN</b>	Cloro	Costo bajo de inversión, costo medio de mantenimiento.	Generación de subproductos.
	Clora mina	Costo medio de inversión y de mantenimiento.	Poder desinfectante limitado.
	Ozono	Costo elevado de operación.	Escaso poder residual.
	Luz ultravioleta	Costo medio de inversión y operación.	No previene recrecimiento bacteriano.
	Micro filtración	Costo moderado de inversión y operación.	Desperdicio de agua, descomposición de la membrana.

<b>FILTROS DE MEMBRANA</b>	Ultrafiltración	Costo elevado de inversión y operación.	Desperdicio de agua, descomposición de la membrana.
	Nano filtración	Costo muy elevado de inversión y operación.	Desperdicio de agua, descomposición de la membrana.
	Osmosis Inversa	Costo muy elevado de inversión y operación.	Desperdicio de agua, descomposición de la membrana, requiere manejo de sal muera.

**Fuente:** (Leal, 2013)

## **7.6 Métodos alternativos.**

### **7.6.1 Adsorbentes de Bajo Costo y Nuevos Adsorbentes.**

La adsorción es un proceso de transferencia de masa por el cual una sustancia se transfiere desde la fase líquida a la superficie de un sólido. El proceso de adsorción describe en realidad un conjunto de procesos, dentro de los que se incluyen la adsorción y las reacciones de precipitación. Actualmente, la adsorción se ha convertido en uno de las técnicas alternativas de tratamiento para las aguas residuales cargadas con metales pesados (Wan, et al., 2011).

Se utiliza un amplio espectro de materiales biológicos, especialmente las bacterias, algas, levaduras y hongos los mismos que han recibido una creciente atención enfocada hacia la eliminación y recuperación de metales pesados, y esto debido a su buen rendimiento, bajo coste y grandes cantidades disponibles.

#### **7.6.2 Biopolímeros.**

Los biopolímeros son industrialmente atractivos ya que son capaces de minimizar las concentraciones de iones metálicos de transición a concentraciones de partes por billón, y tienen la ventaja que son ampliamente disponibles y ambientalmente seguros. Además, poseen un número amplio de diferentes grupos funcionales, tales como hidroxilos y aminas, que aumentan el grado de eficiencia de la absorción de iones metálicos (Barakat, 2011).

#### **7.6.3 Fitorremediación.**

La fitorremediación abarca un conjunto de métodos para degradar, asimilar, metabolizar o decodificar metales pesados compuestos orgánicos y nutrientes por medio de la utilización de plantas. Estas Fito tecnologías ofrecen numerosas ventajas en relación con los métodos fisicoquímicos (Mentaberry, 2011).

#### **7.6.4 Los humedales**

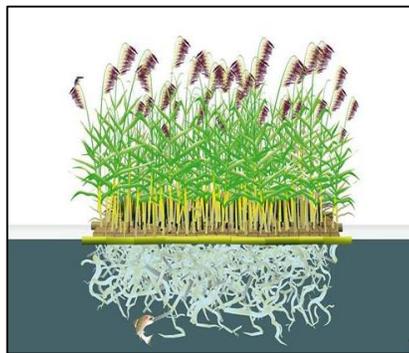
Áreas de pantano, pantano, turberas o aguas, naturales o artificiales, permanentes o provisionales, con los elementos estático o fluyendo, fresco, salobre, incluyendo áreas de agua marina, a una profundidad que no supera seis m. Humedales Incluye pantanos, ciénagas, cacerolas, ciénagas, estanques, camas de caña, y estuarios (Ramsar, 1971).

Los humedales tienen una capacidad natural, innata para tratar aguas residuales, tienen la capacidad de remover compuestos orgánicos y oxidante amoníaco, reduciendo nitratos, y fósforo. Los

mecanismos son complejos e implican oxidación bacteriana, filtración, sedimentación, y química (Neiff, 1999).

### **7.7 Islas flotantes artificiales IFAs**

Las Islas Flotantes Artificiales (IFA), denominadas en inglés “Floating Treatment Wetlands” (FTWs) son sistemas flotantes de humedales artificiales que son diseñados en base a los sistemas flotantes naturales como son el caso de los humedales existentes en diferentes cuerpos de agua, pueden ser aplicadas en lagos, lagunas y estuarios representa un método para la remoción de nutrientes, materia orgánica, y metales pesados, además de restaurar ecosistemas acuáticos, están estructuradas por una estera orgánica gruesa flotante que soporta el crecimiento de las plantas macrófitas y gramíneas, las cuales han demostrado ser eficientes en la remoción de contaminantes. (Figura 1)



**Figura 1:** Isla Flotante artificial.

**Fuente:** (Wang, 2011)

Las IFAs remueven contaminantes por varios mecanismos tal como Wang, (2011) explica mediante la absorción o adsorción de nutrientes y la bioacumulación de metales pesados, en las

raíces se producen biopelículas que aportan con la degradación de materia orgánica, también se llevan a cabo procesos de liberación de enzimas extracelulares, sedimentación, unión de contaminantes y floculación.

#### **7.7.1 Historia**

Las IFAs pertenecen a las tecnologías ambientales emergentes. Fueron originalmente desarrolladas en los años 50 con el objetivo de crear áreas de desove para peces, pero no tuvieron acogida hasta 1995. En Alemania, Estados Unidos y Japón decidieron implementarlas en lagos y lagunas como método de remoción de contaminantes obteniendo buenos resultados (YeH & Chang, 2015).

En las últimas dos décadas, las islas flotantes aparecen como una evolución de los humedales artificiales o filtros verdes y se han estudiado en diversas partes del mundo, para diferentes aplicaciones, tales como la mejora de la calidad del agua, la creación de hábitats y la depuración de distintos tipos de aguas residuales (Jiang, et al., 2003).

#### **7.7.2 Estructura**

Matriz flotante. - La flotabilidad, puede ser provista en las estructuras de las IFAs por tubos de polivinilo o polipropileno sellados, láminas de poliestireno, bambú y almohadillas de vinilo inflables. El medio de crecimiento de las plantas tiene que ser seleccionado con precaución para favorecer el desarrollo de las raíces, así como su colonización por biopelículas (Fonseca & Clairand, 2017).

Para ello es recomendable rellenar la estructura interna con fibras naturales como las de coco, caña de bambú, caña y paja de cebada o con polímeros sintéticos. (Figura 2)



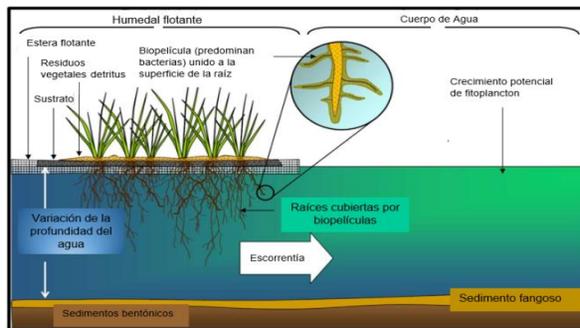
**Figura 2:** Estructura flotante, fibra de coco.

**Fuente:** (Fonseca & Clairand, 2017)

### 7.7.3 Funcionamiento

Se basa en los sistemas flotantes naturales existentes en diferentes cuerpos de agua y están estructuradas por una estera orgánica gruesa flotante que soporta el crecimiento de las plantas. El sistema está diseñado con aireadores que brinden dinamismo al cuerpo hídrico. (Figura 3)

El agua atraviesa por debajo de la estera por las secciones de las plantas sumergidas y mientras los contaminantes son removidos por la superficie de las raíces que forman biopelículas, estas atraen bacterias benéficas que existen en varios cuerpos de agua, su función es descomponer los contaminantes que existen en el flujo del agua (YeH & Chang, 2015).



**Figura 3:** Funcionamiento del sistema.

**Fuente:** (Yeh, & Chang, 2015)

El sustrato brinda soporte, estabilidad y supone un lecho de cultivo que permite el crecimiento de macrófitas y gramíneas, además funciona como aislante para preservar el desarrollo de los tallos y evita problemas de enfermedades y plagas.

La vegetación inicialmente cumple todas sus funciones fisiológicas, la raíz es cubierta por una biopelícula que alberga comunidades microbianas siendo el componente primordial para la remoción de contaminantes, el agua contaminada circula en función de la columna de agua, atraviesa la rizosfera y al estar en contacto con la matriz flotante, es así que nitratos y fosfatos son absorbidos para el desarrollo vegetativo, mientras que los metales pesados son bioacumulados y fijados en tallos y hojas.

#### **7.7.4 Tratamiento de contaminantes en la rizosfera**

- Los mecanismos involucrados en la eliminación de los principales contaminantes presentes en las aguas residuales urbanas, mediante el empleo de islas flotantes son:
- Eliminación de sólidos en suspensión mediante procesos de sedimentación, floculación y filtración.
- Las bacterias aerobias que habitan en las biopelícula descomponen la materia orgánica en bio gas  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , y digestato en caso de nitrógeno y fósforo.
- Eliminación de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, principalmente mediante mecanismos de nitrificación – desnitrificación, bio absorción y precipitación.
- Eliminación de patógenos mediante adsorción, filtración o depredación.
- Bioacumulación metales pesados como cadmio, manganeso zinc, cobre, cromo, mercurio, selenio, plomo, etc.

### 7.8 IFAs Ecuador

En Guayaquil se implementó el proyecto piloto que tiene un costo de inversión de USD. 399 mil dólares, de los cuales USD. 200 mil dólares provienen de la Agencia de Cooperación y Coordinación Turca (TIKA) que aportarán a la limpieza y oxigenación de uno de los ramales del Estero Salado, (El Telégrafo, 2017)

Las 40 islas y dos lechos flotantes instalados por el Ministerio de Ambiente, fueron ubicados en junio de 2017 y tienen la finalidad de mejorar la calidad del agua y reducir los niveles de contaminación por coliformes fecales y totales. Además, cuenta con un sistema de aireación, como complemento para contribuir en el proceso de oxigenación y depuración del agua (MAE, 2017).

Se escogió el estero Palanqueado por ser uno de los ramales del Salado en el que ya existió la intervención por parte del Gobierno, para ello tres meses antes de la implementación de las 40 islas, fue realizado un estudio sobre las condiciones del caudal, calidad y profundidad.



**Figura 4:** Islas Flotantes en Guayaquil.

**Fuente:** (MAE, 2017)

## 7.9 La achira (*Canna indica*), y pasto guinea (*Panicum maximum*)

### 7.9.1 Taxonomía Achira

**Tabla 3.-** Clasificación Taxonomía Achira.

TAXONOMÍA	
<b>Reino</b>	Plantae
<b>Phylum</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Liliopsida
<b>Orden</b>	Zingiberales
<b>Familia</b>	Cannaceae
<b>Género</b>	Canna
<b>Especie</b>	Canna indica L

**Fuente:** (Rzedowski, 1998)

La achira pertenece a la familia Cannaceae, es una hierba robusta que crece sobre todo en lugares húmedos, como zanjas y canales de riego.

Es de origen sudamericano y los arqueólogos han encontrado que se cultivaba en Perú hace 4.500 años. También habitan México, Centroamérica, Sudamérica y las Antillas (Villaseñor & Espinosa, 1998)

La especie *Canna indica* es una planta herbácea perenne, de rizoma carnoso y ramificado de hasta 20 x 15 cm. La superficie del rizoma está labrada por surcos transversales, que marcan la base de escamas que la cubren; de la parte inferior salen raicillas blancas y del ápice, donde hay numerosas yemas, brotan las hojas, el vástago floral y los tallos (Rzedowski, 1998)

Los tallos aéreos pueden alcanzar 1-3 m de altura y forman una macolla compacta, estando envueltos por las vainas de las hojas. Las hojas son anchas, de color verde o verde violáceo, con pecíolos cortos y láminas elípticas, que pueden medir de 30 a 60 cm de largo y 10 a 25 cm de ancho, con la base obtusa o estrechamente cuneada y el ápice es cortamente acuminado o agudo. (Figura 5).

### 7.9.2 Taxonomía pasto guinea

**Tabla 4.-** Clasificación Taxonomía Pasto *guinea*.

TAXONOMÍA	
<b>Reino</b>	Plantae
<b>Phylum</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Liliopsida
<b>Orden</b>	Cyperales

<b>Familia</b>	Poaceae
<b>Género</b>	Panicum
<b>Especie</b>	Panicum máximum

**Fuente:** (Jacq, 1998)

El pasto guinea es una gramínea perenne, de origen africano y de hábito de crecimiento fuerte, forma macollas, pueden alcanzar hasta 3 m de altura y de 1 a 1.5 m de diámetro de la macolla. Los tallos son erectos y ascendentes con una vena central pronunciada. La inflorescencia se presenta en forma de panoja abierta de 12 a 40 cm de longitud. Las raíces son fibrosas, largas y nudosas y ocasionalmente tienen rizomas, esto confiere cierta tolerancia a la sequía (McVaugh, 1983)

Necesita suelos de media a alta fertilidad, bien drenados con pH de 5 a 8 y no tolera suelos inundables. Alturas entre 0 – 1500 m.s.n.m. y precipitación entre 1000 mm y 3500 mm por año, crece muy bien en temperaturas altas. Tiene menor tolerancia a la sequía



**Figura 5:** (*Canna indica*) & (*Panicum maximum*)

**Fuente:** (Andrade, 2012); (Warmke, 1954)

## **7.10 Fenología achira (*Canna indica*) - Etapas del ciclo**

### **7.10.1 Latencia/dormancia**

En Colombia y en países de América del Sur la latencia de *Canna indica* se efectúa en los meses de octubre y noviembre respectivamente, ya que en estos meses es donde hay más lluvias (Najarro, 1995).

### **7.10.2 Germinación/brotamiento y emergencia**

La achira es una especie que puede propagarse semilla asexual o vegetativamente por rizomas o cormos, esta última técnica es la más utilizada por los agricultores por ser más eficiente, es decir, es más rápida (Najarro, 1995). La achira es un tipo de planta de las más robustas de todas las raíces cultivables, crecen y se desarrollan bien en una gran variedad de climas y suelos y tiene ínfimos problemas relacionados con enfermedades y plagas.

### **7.10.3 Crecimiento.**

A partir de un rizoma- semilla se puede diferenciar tres etapas (Cenzano, E., 1977).

**Etapas 1:** Se inicia el crecimiento del tallo y del corno de primer orden, desarrollándose tallos aéreos y raíces. Este periodo tiene una duración de tres meses.

**Etapas 2:** Dura de 6 a 9 meses, incluyendo el desarrollo de cormos de segundo, tercer y cuarto orden.

**Etapas 3:** Se inicia la decadencia de la planta, con formación de yemas secundarias en los cormos que no producen tallos muy desarrollados y el secamiento de los tallos más viejos.

#### **7.10.4 Floración/fructificación**

En España y en países del viejo continente esta etapa se da en los meses de julio, agosto, septiembre, que es la época de verano hasta bien avanzado el otoño los días son muy largos y las noches cortas; las precipitaciones son en forma de tormenta y las temperaturas son elevadas. Las plantas están llenas de hojas y frutos.

#### **7.10.5 Senescencia**

Se da 1 o 2 meses después de la floración.

#### **7.10.6 Clima**

La achira se puede cultivar desde el nivel del mar hasta los 2700msnm, en Huila (Colombia) se ha obtenido rendimientos óptimos entre los 800 -1850 msnm y en Ecuador este cultivo se obtiene desde los 800- 2500msnm (Cueva,K. & Erreis,E., 2008)

#### **7.10.7 Temperatura**

Requiere de temperaturas tropicales, áreas libres de heladas durante el periodo de maduración de los rizomas. Los máximos rendimientos de dicha especie son obtenidos en sitios donde los días y las noches en promedio más cálidos, con periodos cortos de variación de temperatura. En términos generales se desarrollan desde los 9°C hasta los 30 °C a 32°C (Gomez, A. , 1980)

#### **7.10. 8 Precipitaciones**

La achira requiere de lluvias moderadas y bien distribuidas; resiste a periodos de sequias; el exceso de humedad puede provocar un desarrollo anormal del follaje y de los rizomas presentándose pudrimiento general de la planta. El requerimiento de agua durante el periodo vegetativo es de 800 a 1200 mm (Cueva,K. & Erreis,E., 2008)

### **7.10.9 Luminosidad**

La achira es una planta de fotoperiodo neutro, es decir, no es afectada por las longitudes de las horas luz o de oscuridad (Sanchez, C, 1978)

### **7.10.10 Suelo**

Se desarrolla en una amplia gama de suelos, su mejor comportamiento se ha obtenido en suelos sueltos, francos, francos arenosos o francos limosos, ricos en materia orgánica, susceptibles a encharcamiento prolongado; tolera la acidez y crece en pH de 4.5 a 8.0, su mejor comportamiento se observa en pH de 5 a 6,5 pero requiere de mayores proporciones de N y K (Cueva,K. & Erreis,E., 2008)

### **7.10.11 Agua**

De manera general se puede afirmar que el cultivo de achira no se riega artificialmente, debido a que en las regiones se siembra esta especie caen más de 1300 mm de lluvia por año. En cultivos tecnificados es necesario utilizar riegos suplementarios si se presentan periodos secos, principalmente en la fase inicial de desarrollo del cultivo. En términos generales cuando la evaporación de un lugar es mayor que la precipitación se debe emplear riego (Gomez, A. , 1980) La excesiva humedad causa un desarrollo anormal del follaje. El requerimiento de agua durante el periodo vegetativo es de 800 a 1120 mm bien distribuidos.

## **7.11 Fenología pasto guinea (*Panicum maximum*) Etapas del ciclo**

### **7.11.1 Germinación/brotamiento y emergencia**

La germinación de la semilla tarda 30 días, aumentando la eficiencia con el tiempo de almacenamiento, con la mejor germinación a los 160 - 190 días después de la cosecha.

El sistema radicular es abundante y profundo y se podría decir que tiene su formación completa cuando la planta semilla por primera durante el cuarto mes. (León, 1977).

#### **7.11.2 Crecimiento**

A partir de la germinación inicia el proceso de crecimiento que durante el primer mes de crecimiento y maduración fisiológica se realiza un corte de igualación por encima de los nudos, en un estudio realizado por (Vargas, et al., 2014).

El crecimiento del pasto *Panicum maximum* vs Mombaza en la Amazonía Ecuatoriana, se puede observar una tasa de crecimiento absoluto y desarrollo de las estructuras morfológicas del pasto, en condiciones de ecosistemas amazónicos para los factores estudiados de edad y altura, donde se observó que existe un crecimiento acelerado hasta los 40 días a razón de 2.5 cm por día.

#### **7.11.2 Floración**

La floración de *Panicum Maximum*, presenta dos floraciones al año, una entre mayo a junio, y la otra entre septiembre a octubre. Es buena productora de semilla gámica como vegetativa; produce abundantes espiguillas (Ruiz, 2015)

En Colombia, encontró que las espiguillas maduran 32 días antes de la antesis, por otra parte, en Filipinas la floración tarda alrededor de 80 minutos (Alarcón, et al., 1969)

*Panicum maximun*, es una planta apomictica, facultativa y pseudogamica con un 2 o 3 % de reproducción sexual, la que efectúa por polinización cruzada o autopolinización y esta estimación se mantiene en la progenie de las plantas sexuales (Combes & Pernés, 1970)

#### **7.11.3 Clima**

De acuerdo con la descripción de la FAO, las regiones tropicales y subtropicales es donde esta especie se ha desarrollado de manera favorable, las precipitaciones de estas áreas son de 1000 a

1800mm anuales, la planta puede desarrollarse entre los pisos altitudinales de 1000 hasta el 1600 msnm.

#### **7.11.4 Temperatura**

Se desarrolla durante los meses más cálidos en que la temperatura excede los 40°C y la temperatura de los meses más fríos no desciende de los 17°C,

#### **7.11.5 Precipitación**

Pasto guinea requiere de lluvias moderadas y bien distribuidas; resiste a periodos de sequias; el exceso de humedad puede provocar un desarrollo anormal del follaje y de los rizomas presentándose pudrimiento general de la planta. El requerimiento de agua durante el periodo vegetativo es de 800 a 1200 mm (Cueva & Erreis, 2008).

### **7.12 Especies *Canna indica* y *Panicum maximum* en el tratamiento de nitratos, fosfatos y cromo.**

#### **7.12.1 La rizofiltración**

La rizo filtración, es una técnica eficiente y de bajo costo, empleada para la descontaminación de elementos físicos de cromo en aguas superficiales, subterráneas o efluentes líquidos.

El principio de cultivos hidropónicos de las raíces de las plantas para remediar el agua contaminada a través de la absorción, concentración y precipitación de contaminantes. Se emplean plantas con un sistema radicular desarrollado y se colocan en contacto con directo con el agua o efluente a tratar, a medida que las raíces se van saturando en agua y contaminantes se van cortando y eliminando (Guevara, et al., 2009)

La rizofiltración contribuye con los procesos de bioacumulación que mediante la absorción genera la concentración de contaminantes, en este caso metales pesados Cr III en los tallos y principalmente en las hojas de las plantas.

### **7.12.2 Achira y cromo**

La Remediación natural para completar la depuración del cromo (VI) en efluentes de curtiembres estableció que (*Canna indica*) demostró que a partir del análisis del tejido vegetal, se demostró que el cromo, independientemente de su estado de oxidación en la solución, (III) o (VI), se almacena en mayor proporción en la raíz, alcanzando concentraciones superiores a los 3.000 mg/kg (Quezada, et al., 2012).

### **7.12.3 Pasto guinea nitratos y fosfatos**

La eficiencia de remoción de nitratos (NO<sub>2</sub>) y nitritos (NO<sub>3</sub>) en aguas contaminadas se evidencia en un estudio sobre la Fito depuración de aguas residuales domésticas con poaceas, en el Municipio de Popayán, Colombia. En donde se emplean humedales artificiales con especies vegetativas *Panicum maximum*, obteniendo porcentajes de remoción de -60,12 % para el NO<sub>2</sub> y -5.39% para el NO<sub>3</sub>., siendo sus concentraciones iniciales de 0.24mg/l y 0.25mg/l respectivamente. (Palta & Morales, 2014)

## **7.13 Mecanismos bioquímicos desarrollados por los microorganismos para el tratamiento de metales pesados**

### **7.13.1 Biopelículas**

Las películas microbianas son comunidades formadas principalmente por bacterias, en las que también se pueden encontrar fagos, virus y protozoarios depredadores. Al adherirse a una superficie viva o inerte constituyen una biopelícula. (Guerreo, 2016)

Los microorganismos juegan un rol vital en la transformación de elementos trazas incluidas los metales ya que influyen su biodisponibilidad y remediación, pueden alterar la toxicidad,

solubilidad en agua y la movilidad del elemento. El porcentaje de remoción es superior a la reportada con métodos fisicoquímicos convencionales (Bolan, et al., 2014).

Entre las transformaciones enzimáticas de los metales realizadas por microorganismos se incluyen la oxidación, la reducción, la metilación y desmetilación.

### **7.13.2 Unión a metales, bioacumulación y biosorción.**

Los metales se unen a la superficie celular a través de mecanismos que incluyen interacciones electrostáticas, fuerzas de Van de Waals, unión covalente, interacciones redox, precipitación extracelular o la combinación de esos procesos; los grupos cargados negativamente (carboxil, hidroxil y fosforil) de la pared celular bacteriana adsorben los iones metálicos y estos son retenidos (Rajendran, et al., 2003).

La unión de metales a la superficie celular se la entiende como bioacumulación que es un proceso celular que involucra un sistema de transporte de membrana que internaliza el metal pesado presente en el entorno celular con gasto de energía ( $H^+$ -ATPasa). Una vez incorporado el metal pesado al citoplasma este es secuestrado por proteínas ricas en grupos sulfhidrilos llamadas metalotioneinas (MT), fitoquelatinas (FQ) y algunos nuevos péptidos de unión a metales, si se trata de hongos este es compartimentado dentro de las vacuolas (Marrero, et al., 2010).

El mecanismo de bioacumulación, se ha desarrollado la tecnología de la biosorción, esta utiliza biomasa microbiana activa o inactiva para capturar metales, mediante su unión a la superficie celular (Nessner & Esposito, 2010)

El proceso se complementa mediante mecanismos metabólicos de captación y procesos físico-químicos de intercambio iónico y adsorción (Cañizares, 2000).

### 7.13.3 Microorganismos implicados en los procesos de biopelículas.

**Tabla 5.-** Comunidad microbiana de las biopelículas.

Microorganismo	Metal
<i>Pseudomonas sp, Micrococcus sp, Bacillus sp, Achromobacter sp, Microbacterium sp, Arthrobacter sp, y Corynebacterium sp, Vogesella indigofera</i>	Cr
<i>Pseudochrobactrum saccharolyticum</i>	Cr
<i>Enterobacter cloacaer</i>	Cr

**Elaborado:** Bravo Alex & Gutiérrez Erik

**Fuente:** (Beltrán & Gómez, 2016)

### 7.13.4 Procesos Bio-sorción.

Involucra el acomplejamiento superficial y la micro precipitación. Los microorganismos utilizados como biosorbentes aislados a partir de ecosistemas contaminados, retienen metales pesados a intervalos de tiempo relativamente cortos al entrar en contacto con las disoluciones de los metales, esto minimiza los costos en el proceso de remediación ya que no requiere el agregado de nutrientes al sistema porque el microorganismo no necesita un metabolismo activo, además la biomasa es fácilmente extraíble de los sistemas acuosos (Rajendran, et al., 2003).

Si se considera el uso de células vivas para un sistema de eliminación de metales, la toxicidad de ciertos metales puede conducir a un envenenamiento e inactivación, por lo que el uso de biomasa muerta o sus productos derivados elimina el problema de la toxicidad, provocada por metales disueltos y por las condiciones adversas de operación, además del componente económico de mantenimiento incluyendo el suplemento de nutrientes (Cañizares, 2000).

#### **7.13.5 Quelación.**

La quelación es un instrumento para la reducción de metales pesados en las plantas, el cual juega un papel muy importante en la acumulación y transporte del metal, adicional a esto es muy importante en el proceso de detoxificación. (Bricker, et al., 2001)

Los quelantes poseen ligandos como la histidina y el citrato que tienen la capacidad de unirse a los iones metálicos como y como resultado de esto los metales combinados pierden su carga y así su capacidad de reaccionar con otras sustancias reduciendo su grado de afectación celular (Wu , et al., 2010)

Dentro de los agentes quelantes más reconocidos están varios ácidos orgánicos (ácido málico y ácido cítrico) que han sido identificados como agentes positivos para acelerar la absorción de metales pesados (Maiti, 2004).

#### **7.13.5 Transformación de la valencia del metal.**

Dependiendo del estado de oxidación del metal un microorganismo puede realizar dos posibles transformaciones, de un estado insoluble inicial a una fase sólida a un estado soluble final (fase acuosa, lixiviación). Secundariamente la transformación es la inmovilización del metal que es un proceso en donde la fase soluble inicial en fase acuosa pasa a un estado insoluble final en fase sólida (Soto, et al., 2010).

Los metales de diferentes valencias varían en su toxicidad; cuando se excretan enzimas redox especiales, los microorganismos pueden transformar el metal a formas menos tóxicas. Las reacciones redox se agrupan en dos categorías, las asimilatorias y las des asimilatorias (Bolan, et al., 2014).

En las reacciones asimilatorias el metal está involucrado en las reacciones metabólicas del organismo actuando como aceptor final de los electrones; mientras que en las reacciones des

asimilatorias no se conoce el rol del metal en el metabolismo del organismo e indirectamente inicia las reacciones redox.

## **8. METODOLOGÍA.**

### **8.1 Área de estudio.**

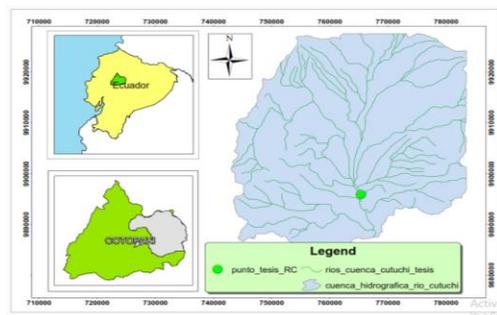
Las aguas objeto del estudio corresponden hidrológicamente a las aguas que encausan por el río Cutuchi, estas forman parte de la Demarcación Hidrográfica de Pastaza que corresponden según la metodología de PFAFSTETTER a nivel No.5.

La micro cuenca del río Cutuchi se encuentra ubicada en los cantones de Latacunga, Salcedo y parte de Ambato, nace de los deshielos del volcán Cotopaxi, su trayecto es de 100.591 km. (INAMHI, 2016).

El proyecto de investigación se desarrolla en las instalaciones del campus Salache, Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de ciencias Agropecuarias.

### 8.1.1 Sitio de recolección del agua.

La toma de muestra se realizó en la cuenca baja del río Cutuchi, en la división política 05 Cotopaxi, 01 Latacunga, en el área de influencia de descargas municipales, industrial y hospitalaria, específicamente en las coordenadas UTM-WGS-84-Z17S 765344 E- 9895887 N a una altura aproximada de 2398 msnm. (Figura 6)



**Figura 6:** Cuenca del río Cutuchi.

**Elaborado:** Bravo Alex & Gutiérrez Erik

## 8.2 Protocolos de toma de muestra.

### 8.2.1 Protocolo de muestreo de acuerdo con las Normas de INEN Agua. Calidad de Agua.

#### Muestreo. Manejo y Conservación de Muestras.

##### 8.2.1.1 Muestreo.

- La determinación de parámetros físicos y químicos, llenar los frascos completamente y taparlos de tal forma que no exista aire sobre la muestra. Esto limita la interacción de la fase gaseosa y la agitación durante el transporte.
- La refrigeración o congelación de las muestras es efectiva si se la realiza inmediatamente luego de la recolección de la muestra. Se debe usar, cajas térmicas o refrigeradores de campo desde el lugar del muestreo.

- Filtración y centrifugación de muestras, la materia en suspensión, los sedimentos, las algas y otros microorganismos deben ser removidos en el momento de tomar la muestra o inmediatamente después por filtración a través de papel filtro, membrana filtrante o por centrifugación.
- Adición de conservantes Los compuestos químicos de más uso son: a) ácidos, b) soluciones básicas, c) biácidos y d) reactivos especiales, necesarios para la conservación específica de ciertos elementos (por ejemplo: para la determinación de oxígeno, cianuros totales y sulfitos se requiere de la fijación para los mismos en la muestra inmediatamente en el sitio de la recolección).
- Es preferible realizar la adición de conservantes usando soluciones concentradas de tal forma que sean necesarios volúmenes pequeños; esto permite que la dilución de las muestras por estas adiciones no sea tomada en cuenta en la mayoría de los casos. Realizar un ensayo del blanco, cuando se determinan trazas de elementos, para evaluar la posible introducción de estos elementos en la adición de los conservantes; (por ejemplo: los ácidos pueden introducir cantidades significativas de mercurio, arsénico y plomo). En este caso se deben usar los mismos conservantes empleados en la muestra para preparar el ensayo del blanco.
- Transporte de las muestras, los recipientes que contienen las muestras deben ser protegidos y sellados de manera que no se deterioren o se pierda cualquier parte de ellos durante el transporte. El empaque debe proteger los recipientes de la posible contaminación externa y de la rotura, especialmente de la cercana al cuello y no deben ser causa de contaminación.
- Durante la transportación, las muestras deben guardarse en ambiente fresco y protegidas de la luz; de ser posible cada muestra debe colocarse en un recipiente individual impermeable.

Si el tiempo de viaje excede al tiempo máximo de conservación recomendado antes del análisis, estas muestras deben reportar el tiempo transcurrido entre el muestreo y el análisis.

- Recepción de las muestras en el laboratorio, las muestras deben, si su análisis no es posible inmediatamente, ser conservadas bajo condiciones que eviten cualquier contaminación externa y que prevengan cambios en su contenido (INEN,2013)

**8.2.1.2 Rotulado.**

Los recipientes que contienen las muestras deben estar marcados de una manera clara y permanente. Al momento del muestreo todos los detalles que ayuden a una correcta interpretación de los resultados (fecha y hora del muestreo, nombre de la persona que muestreó, naturaleza y cantidad de los conservantes adicionados, tipo de análisis a realizarse y otros parámetros importantes que no se haya tenido en cuenta.)

**8.2.2 Protocolo de muestreo de acuerdo con las especificaciones del INAMHI - LANCAS.**

**Tabla 6.-** Requerimiento para la toma de muestra.

<b>Parámetro</b>	<b>Volumen min</b>	<b>Envases</b>	<b>Persevante</b>	<b>Recolección</b>
<b>Metales (Arsénico, Hierro, Cadmio, Plomo, Cromo)</b>	125 ml	Plástico de preferencia nuevo o lavado con ácido nítrico al 10%	HNO3 libre de trazas de metales/temperatura ambiente	Enjaguar el envase plástico dos veces con el agua que se va a ser recolectada, llenar el envase, añadir 0,5 ml (10 gotas) de ácido nítrico libre de trazas de metales hasta obtener un pH menos a 2, cerras viene el envase.

<b>Nitratos</b>	100 ml	Plástico o vidrio	$\leq 6^{\circ}\text{C}$ acidifique con HCL M hasta $\text{pH}<2$ Muestras cloradas no necesitan acidificación	<p>Enjaguar el envase plástico dos veces con el agua que se va a ser recolectada, llenar el envase, añadir 0,5 ml (10 gotas) de ácido clorhídrico si se encuentra con el reactivo, de no ser el caso cerrar bien el envase y mantenerlo en refrigeración con hielos hasta que llegue al laboratorio dentro de las primeras 48 horas de toma de muestra.</p>
<b>Nitritos y Fosfatos</b>	200 ml	Plástico o vidrio	$\leq 6^{\circ}\text{C}$ ó congele hasta $20^{\circ}\text{C}$	<p>Enjaguar el envase plástico dos veces con el agua que se va a ser recolectada, llenar el envase, cerrar bien el envase y mantenerlo en refrigeración con hielos hasta que llegue al laboratorio dentro de las primeras 48 horas de toma de muestra.</p>

Fuente: (INAMHI, 2019)

### **8.3 Adecuación de un medio controlado para la instalación del sistema.**

En las instalaciones de los laboratorios CAREN se construyó un meso-cosmo, que proporcione un ambiente de temperatura controlada para el desarrollo de las especies vegetativas, este fue construido con vigas de madera y cubierto totalmente con plástico reciclado.

### **8.4 Construcción de la matriz flotante.**

#### **8.4.1 Selección de materiales:**

La matriz flotante se construyó con materiales reciclables y de bajo impacto ambiental, el marco está constituido por tubos y codos PVC de 2,5 pulgadas, botellas plásticas, pegamento de tubo, malla de policloruro de vinilo de 1.5cm de abertura, y correas de PVC. Estos materiales han sido seleccionados por su durabilidad y disponibilidad en el medio (Figura 7).



**Figura 7:** Matriz flotante- materiales.

**Elaborado:** Bravo Alex & Gutiérrez Erik

### **8.5 Conformación de la matriz flotante.**

El procedimiento de armado se detalla a continuación:

- Se introdujo una botella plástica vacía por cada tubería de policloruro de vinilo de 32 sellando las uniones de los codos con pega de tubo.
- Una vez que la estructura se secó se procedió con la fijación de la malla de soporte que debe medir 42cm en todos sus lados.
- Finalmente se utilizó doce correas de PVC para asegurar la malla al marco y se retira los excesos de materiales que sobresalgan de la matriz.
- La matriz flotante tiene un área de 0,12 m<sup>2</sup> y un perímetro 1,44 m (Figura 8)



**Figura 8:** Matriz flotante.  
**Elaborado:** Bravo Alex & Gutiérrez Erik

## 8.6 Implementación del sustrato en IFA.

### 8.6.1 Elaboración de sustrato:

El humus no requiere de un proceso de elaboración por lo que se adquiere de un centro de insumos agrícolas.

Las rocas pumina se obtiene de las riveras de los ríos y cuando son muy grandes se aplica una molienda manual.

La fibra de coco requiere de un proceso de elaboración que se detalla a continuación:

- La fibra se extrae de manera manual de la corteza del coco, la fibra debe quedar a manera de hilos.
- El lavado se lo realiza con abundante agua, la sal se debe ir incorporando de manera progresiva con la finalidad de eliminar los aminoácidos de la fibra.
- Se realiza un nuevo lavado que retire la sal.
- Finalmente se seca la fibra en la estufa durante 2 horas a una temperatura de 120°C.

**Tabla 7.-** Materiales para la elaboración del sustrato.

<b>Sustrato</b>	<b>Materiales</b>
Fibra de coco	Agua Bandeja de aluminio Estufa binder 3 kg de fibra de coco
Humus	-----
Rocas pumita	Mortero y pistilo

**Elaborado:** Bravo Alex & Gutiérrez Erik

### **8.6.2 Aplicaciones del sustrato en el sistema.**

Los tres sustratos son combinados en la matriz flotante son dispuestos en función de la morfología de las especies vegetativas.

**Tabla 8.-** Características del sustrato.

Sustrato	Función	Peso kg/ matriz flotante	Porcentaje %
Fibra de coco	Funciona como un aislante entre el agua y la planta lo que disminuye enfermedades y plagas	0,24	25
Rocas pumina	Otorgar fijación y sostén	0,20	22
Humus	Por su aporte de nutrientes facilita a germinación de las semillas	0,50	53
Sustrato combinado	Propicia un medio idóneo para la interrelación de materia orgánica, planta y microorganismos	0,94	100

**Elaborado:** Bravo Alex & Gutiérrez Erik



**Figura 9:** Sustrato en los sistemas flotantes establecidos.

**Elaborado:** Bravo Alex & Gutiérrez Erik

### 8.7 Adecuación del cuerpo hídrico.

Para alojar estas aguas y a la estructura flotante se construyó 3 peceras de cristal con las siguientes características:

- El cristal tiene medio centímetro de espesor.
- Las medidas de las paredes y fondo son de 50 cm en todos sus lados.
- las uniones fueron selladas con silicona y ángulos de aluminio.
- Su volumen tiene una capacidad de 100 litros, cabe mencionar que en la investigación se manejó un volumen de 67 litros.



**Figura 10:** Sistema de isla flotante.

**Elaborado:** Bravo Alex & Gutiérrez Erik

#### 8.7.1 Sistema de Aeración.

**Tabla 9.-** Función del sistema aireador.

<b>Sistema</b>	<b>Estructura</b>	<b>Finalidad</b>
Bomba de Aire Oxígenoador Compresor 5w	La bomba de aire funciona con energía eléctrica, este posee dos salidas y se han adaptado tres	Proporcionar dinamismo al cuerpo hídrico.

	válvulas que distribuyen el oxígeno a través de mangueras que llegan al interior de cada pecera, en ese lugar se acopla un difusor que distribuye de manera homogénea el oxígeno.	Emular las condiciones de entradas y salidas de un reservorio.
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------

**Elaborado:** Bravo Alex & Gutiérrez Erik

### 8.8 Adaptación de las especies vegetativas al Sistema.

**Tabla 10.-** Trasplante, siembra y adaptación de *Canna indica* y *Panicum máximum*.

<b>Especie</b>	<b>Trasplante/siembra</b>	<b>Adaptación</b>
Achira, <i>Canna indica</i>	Las plantas fueron extraídas manteniendo el suelo de su procedencia, y se instalaron en una cubeta de medio húmedo con abono orgánico siete días antes de la etapa de adaptación. (07/09/18). Se seleccionaron cuatro plantas que presentaron mejores condiciones morfológicas y fueron trasplantadas en los extremos de las matrices flotantes.	Una vez constituido las estructuras flotantes con las especies vegetativas, fueron instaladas en las peceras, el periodo de adaptación fue de 32 días, y a partir de ahí se inició con el primer análisis.
Pasto guinea, <i>Panicum maximum</i>	En el fondo de la matriz flotante se aplicó una capa de fibra de coco y una segunda capa de humus húmedo, y se esparció la semilla de pasto al voleo.	Es proceso de adaptación no tuvo mayor relevancia ya que la planta se encontraba en su etapa de crecimiento y las condiciones de

	Se cubrió con una capa de 1.5 cm de humus, semi-húmedo.	temperatura fueron favorables.
--	---------------------------------------------------------	--------------------------------

**Elaborado:** Bravo Alex & Gutiérrez Erik

### 8.9 Evaluación del crecimiento de la planta.

Para evaluar el desarrollo de las especies vegetativas en estudio, se realizó mediciones desde el cuello de la raíz hasta la hojas más representativa de tres plantas de cada especie, seleccionadas al azar. Las mediciones iniciaron el 26 de octubre del 2018 y de ahí en adelante se tomó mediciones cada jueves, mismas que terminaron el 15 de enero del 2019.



**Figura 11:** Evaluación desarrollo de la plantas.

**Elaborado:** Bravo Alex & Gutiérrez Erik

### 8.10 Análisis de coliformes fecales.

- Se preparó cajas Petri con medio Mac-Conkey agarizado, para el aislamiento y diferenciación de bacilos gram negativo de la familia Enterobacteraceae.
- Para la toma de muestras se utilizaron tubos Eppendorf estériles de 2,5 ml. En cada muestra se tomó un volumen equivalente a 2 ml. Los tubos fueron sumergidos dentro de la tina para evitar contaminación del material estéril.

- Las muestras de agua recolectadas fueron luego sembradas en las cajas petri con ayuda de un asa de drigalski, y posteriormente incubadas a 36°C por 72 h.
- La identificación se realizó según los criterios de la hoja técnica del agar Mac Conkey utilizando parámetros como fermentación de la lactosa presente en el sustrato, morfología de las colonias y formación de precipitados biliares.



**Figura 12:** Siembra de coliformes.

**Elaborado:** Bravo Alex & Gutiérrez Erik

### 8.11 Determinación del porcentaje de remoción.

Para determinar la eficiencia del sistema de islas flotantes con las especies en estudio, se analizan los datos y resultados de las concentraciones de nitratos, fosfatos y cromo obtenidos en cada pecera, aplicando la siguiente ecuación del porcentaje de remoción.

$$\%R_N = \left( \frac{C_0 - C_1}{C_0} \right) * 100\%$$

(Palta & Morales, 2014)

*En donde:*

$\%R_N$  = El porcentaje de remoción del contaminante.

$C_0$ = El valor de concentración del parámetro inicial.

$C_1$ = El valor de concentración del parámetro final.

## 9. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.

### 9.1 Área de estudio.

El proyecto de investigación se desarrolla en las instalaciones del campus Salache, Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias, UTM-WGS-84-Z17S 764510 E 9889371 N.



**Figura 13:** Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

**Fuente:** (Georeferenciación Google Earth 2016)

### 9.2 Estructura IFA, matriz flotante y sustrato.

La matriz flotante constituida por tubería de policloruro de vinilo de 32 con la respectiva malla de soporte tiene un área de  $0,12 \text{ m}^2$  y un perímetro 1,44 m. El sustrato empelado fue: Humus, Fibra de coco y pumina que proporcionaron un medio aislante, de desarrollo y de sostén para *Canna indica* y *Panicum máximum* en una pecera de 67 litros.



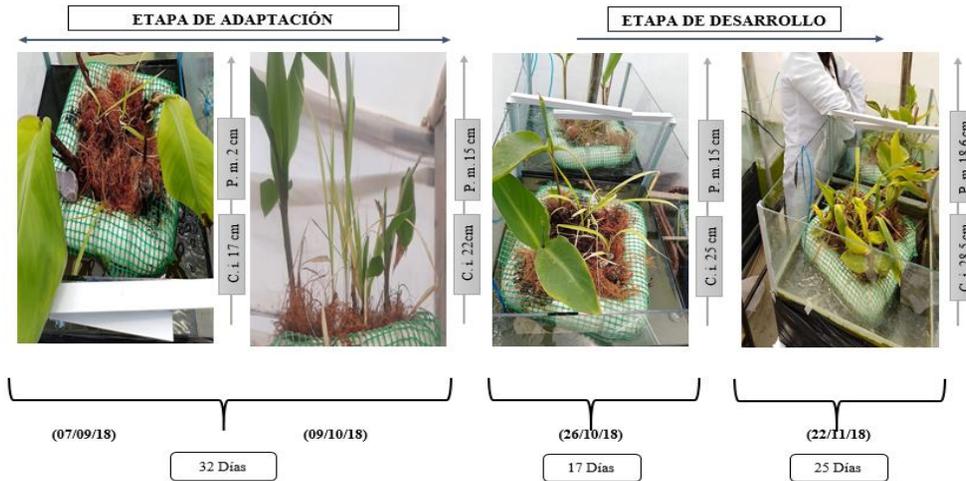
**Figura 14:** Sistema IFA.

**Elaborado:** Bravo Alex & Gutiérrez Erik

### 9.3 Desarrollo de *Canna indica* y *Panicum maximum*.

#### 9.3.1 Etapas de desarrollo de tallos y hojas de *Canna indica* y *Panicum maximum*.

Se presenta la siguiente línea de tiempo que representa el desarrollo de las especies vegetativas en el sistema IFAS.

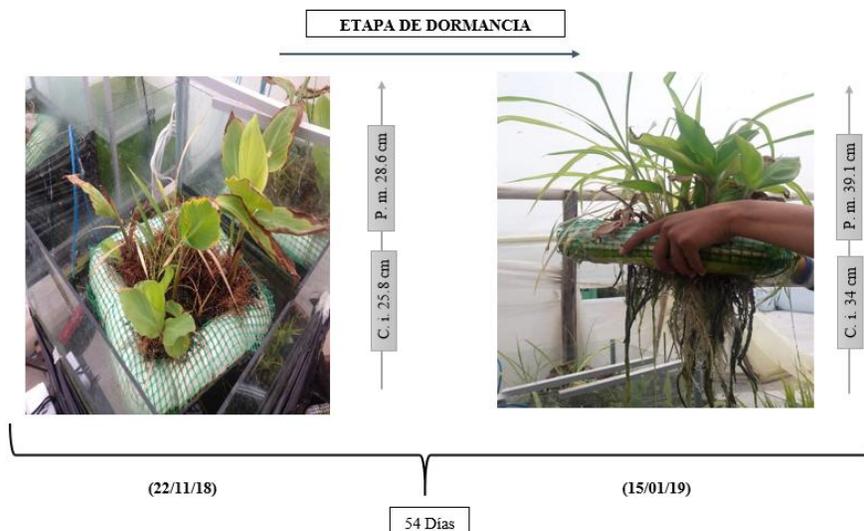


**Figura 15:** Desarrollo de *Canna indica* y *Panicum maximum*.

**Elaborado:** Bravo Alex & Gutiérrez Erik

La etapa de adaptación de *Canna indica* (C.i.) y *Panicum maximum* (P.m.) fue de 32 días desde el 07/09/18, hasta el 09/10/18, para suplir los requerimientos del cultivo se aplicó 20 gr. de nitrato de potasio (KNO<sub>3</sub>), 1.5 gr de calcio-boro, 4 gr fosfato mono potásico (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>), en este periodo las cepas de *Canna indica* alcanzaron una altura de 22 cm. Mientras que las cepas de *Panicum maximum* alcanzaron una altura promedio de 15 cm.

El periodo 26/10/18 hasta el 22/11/18 constituyó la etapa de desarrollo de ambas especies, en el caso de *Canna indica*, se observó que la cepas tuvieron un promedio de crecimiento de 3.5 cm y en *Panicum maximum* se observó un promedio de desarrollo de 3,6 cm.



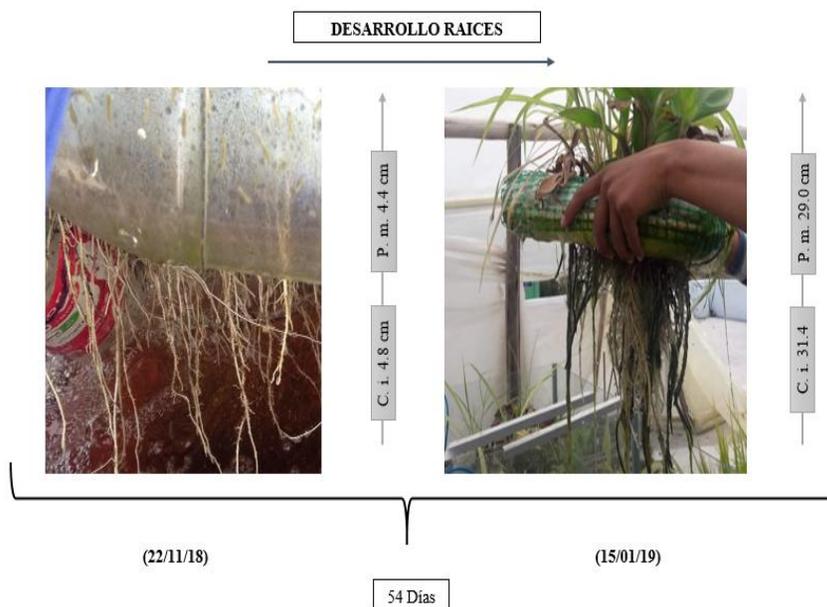
**Figura 16:** Desarrollo de *Canna indica* y *Panicum maximum*.

**Elaborado:** Bravo Alex & Gutiérrez Erik, 2019

Alrededor de cuatro meses desde el 26/10/18 hasta el 15/01/19 en el caso de *Canna indica* inició su etapa de decadencia de la planta, y se observó la formación de yemas secundarias y secado de

tallos más viejos. Además se determinó que en este periodo de tiempo las cepas de esta especie tuvieron un promedio de crecimiento de 8.5 cm alcanzando una altura total de 34 cm. Mientras que en la misma fecha las cepas de *Panicum maximum* se desarrollaron en un promedio de 10.5 cm alcanzando una altura total de 39.1 cm (Anexo 2).

### 9.3.2 Desarrollo de la raíz de *Canna indica* y *Panicum máximo*.



**Figura 17:** Desarrollo de la raíz de *Canna indica* y *Panicum maximum*

**Elaborado:** Bravo Alex & Gutiérrez Erik

Desde el periodo 22/11/18 hasta el 15/01/19 el crecimiento promedio de las raíces *Canna indica* fue de 26.6 cm llegando a alcanzar una longitud total de 31.4 cm. En el caso de *Panicum maximum* el crecimiento el crecimiento promedio de las raíces fue de 24.6 cm llegando a alcanzar una longitud total de 29.0 cm. (Anexo 2)

#### 9.4 Presencia de coliformes fecales.

Se tomó dos muestras por cada pecera en dos períodos para la identificación de bacterias en el sistema IFA (Anexo 3)

**Tabla 11.-** Bacterias identificadas.

<b>Peceras</b>	<b>Fecha</b>	<b>Bacteria</b>
<b>Pecera 1</b>	30/11/2018	<i>Escherichia sp.</i> <i>Klebsiella sp, Salmonella sp, Shigella sp.</i>
<b>Pecera 2</b>	30/11/2018	<i>Escherichia sp,</i> <i>Salmonella sp, Shigella sp.</i>
<b>Pecera 3</b>	30/11/2018	<i>Escherichia sp.</i> <i>Klebsiella sp, Salmonella sp, Shigella sp.</i>

**Elaborado:** Bravo Alex & Gutiérrez Erik

Las muestras de agua tomadas el 30/11/18 presuntamente se identificó colonias de *Escherichia sp. Klebsiella sp, Salmonella sp, Shigella sp.* Estas muestras fueron tomadas de las tres peceras (Anexo 4).

**Tabla 12.-** Bacterias identificadas.

<b>Peceras</b>	<b>Fecha</b>	<b>Bacteria</b>
<b>Pecera 3</b>	14/12/18	<i>Escherichia sp.</i> <i>Salmonella sp, Shigella sp.</i>

**Elaborado:** Bravo Alex & Gutiérrez Erik

Las muestras de agua tomadas el 14/12/18 se identificó *Escherichia sp. Salmonella sp, Shigella sp* en la muestra de agua de la tercera pecera.

### 9.5 Eficiencia de remoción de nitratos, fosfatos y cromo en IFA.

Los análisis de los muestreos de analizaron en los laboratorios INAMHI – LANCAS. Se tomó en cuenta que los análisis de los dos primeros muestreos se desarrollaron en las fechas 26/10/18 y 21/11/18 siendo estos en condiciones no controladas. Los análisis de los muestreos a partir del 27/11/2018 son con condiciones controladas (adición de contaminantes) (Anexo 5).

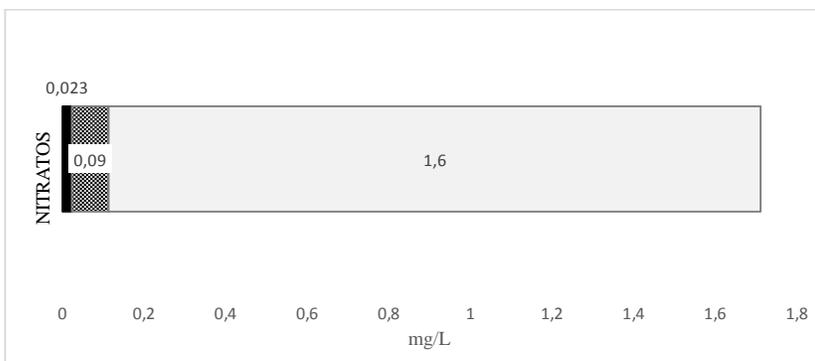
#### 9.5.1 Concentración de los parámetros evaluados de agua procedente de río Cutuchi.

Se presenta la concentración de nitratos y fosfatos durante los periodos de muestreo establecido en condiciones no controladas. (Figura 18) y (Figura 19).

**Tabla 13.-** Concentraciones de nitratos.

Concentraciones	Nitratos (mg/L)
Concentración inicial	1.6
Con sistema	0.023
Sin sistema	0.09

Fuente: INAMHI – LANCAS;  
Elaborado: Bravo Alex & Gutiérrez Erik



**Figura 18:** Concentraciones de nitratos.

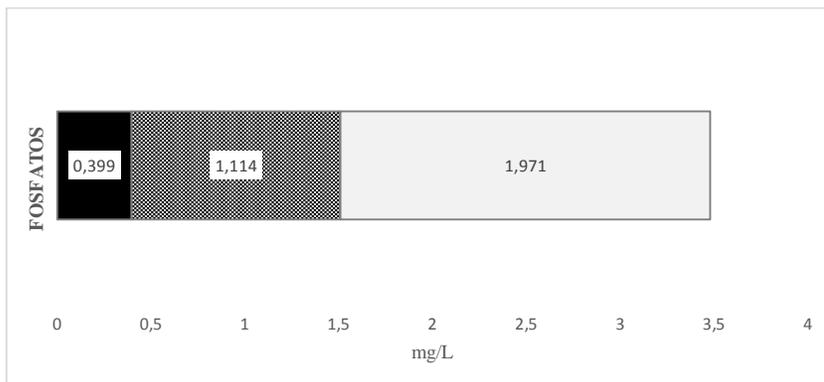
Fuente: INAMHI – LANCAS; Elaborado: Bravo Alex & Gutiérrez Erik

La concentración inicial de nitratos del río Cutuchi fue 1.6 mg/L (26/10/18); en un período de 26 días la concentración disminuyó a 0.023 mg/L con sistema IFAs, mientras que en el tratamiento testigo (sin sistema) la concentración fue de 0.09 mg/L.

**Tabla 14.-** Concentraciones de fosfatos.

Concentraciones	Fosfatos (mg/L)
Concentración inicial	1.971
Con sistema	1.114
Sin sistema	0.399

**Fuente:** INAMHI – LANCAS;  
**Elaborado:** Bravo Alex & Gutiérrez Erik



**Figura 19:** Concentraciones de fosfatos.

**Fuente:** INAMHI – LANCAS; **Elaborado:** Bravo Alex & Gutiérrez Erik

La concentración inicial de fosfatos del río Cutuchi fue 1.971 mg/L (26/10/18); en un período de 26 días la concentración disminuyó a 1.114 mg/L con sistema IFAs, mientras que en el tratamiento testigo (sin sistema) la concentración fue de 0.399 mg/L.

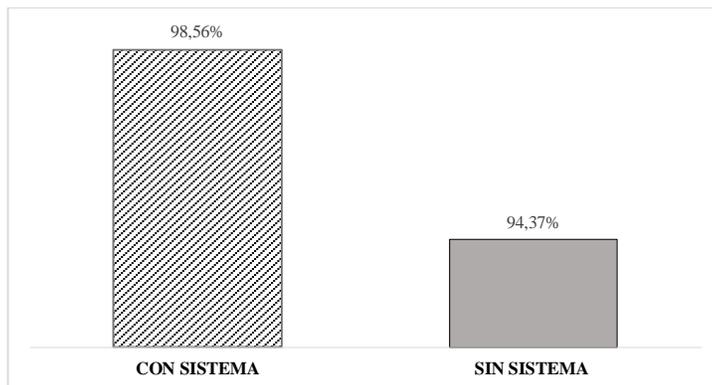
### 9.5.2 Porcentaje de absorción de nitratos y fosfatos.

Se compara los porcentajes de remoción de nitratos y fosfatos presentados por el tratamiento con IFA y sin la aplicación del sistema en condiciones no controladas. (Figura 20) y (Figura 21).

**Tabla 15.-** Porcentaje de absorción de nitratos.

Porcentaje de absorción de nitratos	
Con sistema	98.56%
Sin sistema	94.37%

**Fuente:** INAMHI – LANCAS;  
**Elaborado:** Bravo Alex & Gutiérrez Erik



**Figura 20:** Porcentaje de absorción de nitratos.

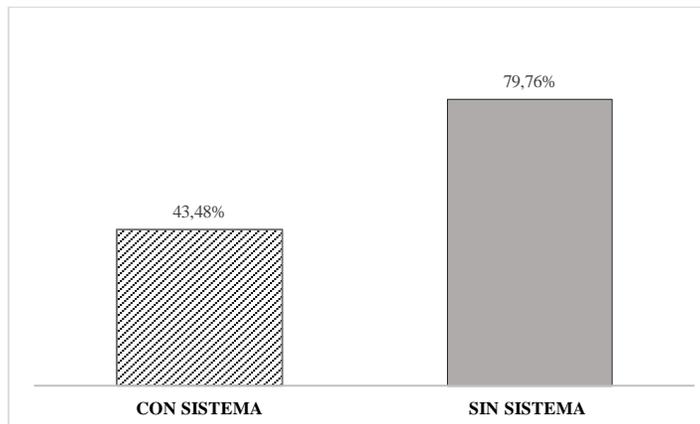
**Fuente:** INAMHI – LANCAS; **Elaborado:** Bravo Alex & Gutiérrez Erik

El porcentaje de absorción de nitratos del fue 98.56% para el tratamiento con sistema IFAs, mientras que en el tratamiento (testigo) porcentaje fue de 94.37% (12/11/18).

**Tabla 16.-** Porcentaje de absorción de fosfatos.

Porcentaje de absorción de fosfatos	
Con sistema	43.48%
Sin sistema	79.76%

**Fuente:** INAMHI – LANCAS  
**Elaborado:** Bravo Alex & Gutiérrez Erik



**Figura 21:** Porcentaje de absorción de fosfatos.

**Fuente:** INAMHI – LANCAS; **Elaborado:** Bravo Alex & Gutiérrez Erik

El porcentaje de absorción de fosfatos fue de 43.48% para el tratamiento con sistema IFAs, mientras que en el tratamiento (testigo) el porcentaje fue de 79.76% (12/11/18).

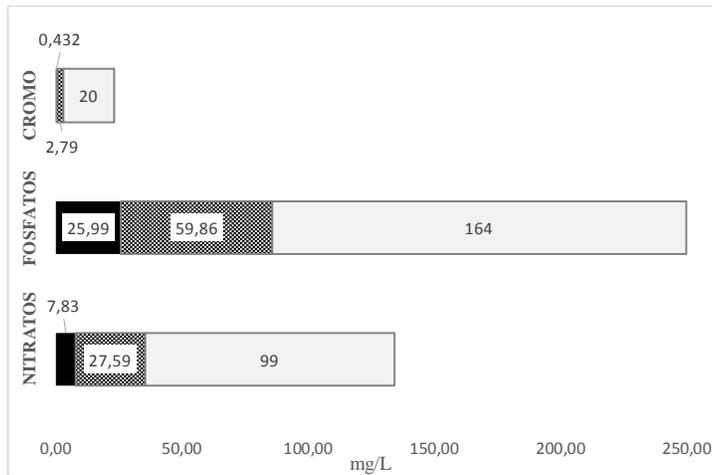
**9.5.3 Concentraciones de nitratos, fosfatos y cromo en condiciones controladas.**

Se establecen las concentraciones y porcentajes de remoción de nitrato, fosfato y cromo en condiciones controladas. (Figura 22) y (Figura 23).

**Tabla 17.-** Variación general de concentraciones.

Concentración (mg/L)	Periodo (27/11/18)	Periodo (17/12/18)	Periodo (15/01/18)
<b>Cromo</b>	20	2.79	0.432
<b>Fosforo</b>	164	59.86	25.99
<b>Nitratos</b>	99	27.59	7.83

**Fuente:** INAMHI – LANCAS  
**Elaborado:** Bravo Alex & Gutiérrez Erik



**Figura 22:** Variación general de concentraciones.

**Fuente:** INAMHI-LANCAS; **Elaborado:** Bravo Alex & Gutiérrez Erik

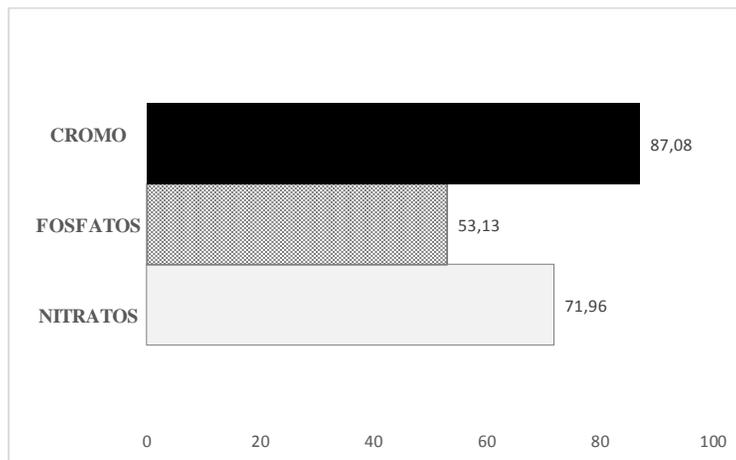
La concentración inicial de cromo, fosfatos y nitratos en condiciones controladas fue 20 mg/l, 164 mg/L y 99 mg/L respectivamente (27/11/18). En un período de 20 días la concentración de los parámetros evaluados disminuyó a 2.79 mg/l, 59.58 mg/L y 27.59 mg/L. Posteriormente en el

siguiente periodo (15/01/19) se presentó una reducción de 0.432 mg/L, 25.99 mg/L y 7.83 mg/L respectivamente.

**Tabla 18.-** Porcentaje general de remoción.

<b>Parámetro</b>	<b>Porcentaje de remoción</b>
<b>Cromo</b>	87.08%
<b>Fosfatos</b>	53.13%
<b>Nitratos</b>	71.96%

**Fuente:** INAMHI – LANCAS  
**Elaborado:** Bravo Alex & Gutiérrez Erik



**Figura 23:** Porcentaje general de remoción.

**Fuente:** INAMHI – LANCAS; **Elaborado:** Bravo Alex & Gutiérrez Erik

El porcentaje general de remoción (absorción y bio-acumulación) en condiciones controladas fue 87.08% de cromo, 53.13% de fosfatos y 71.96% de nitratos.

#### **9.5.4 Islas flotantes artificiales como alternativa eco tecnológica.**

El sistema IFA constituye una alternativa eficiente para mejorar la calidad de agua mediante la remoción de nitratos ( $\text{NO}_3$ ), fosfatos ( $\text{PO}_4$ ) y cromo ( $\text{Cr III}$ ). Este método de tratamiento puede replicar en la provincia de Cotopaxi para depurar aguas contaminadas procedentes de actividades florícolas, Agrícolas y domiciliarias (nitratos y fosfatos), además de efluentes industriales como curtiembres (cromo).

## **9.6 Discusión de resultados.**

### **9.6.1 Estructura IFA, matriz flotante y sustrato.**

La matriz flotante constituida por tubería de policloruro de vinilo de 32 con la respectiva malla de soporte tiene un área de 0,12 m<sup>2</sup> y un perímetro 1,44 m. Según (Fonseca & Clairand, 2017) la flotabilidad, puede ser provista por tubos de polivinilo o polipropileno sellados, láminas de poliestireno, bambú y almohadillas de vinilo inflables. El lecho de cultivo fue constituido por humus, fibra de coco y pumina. Este sustrato debe ser del mismo origen en el que se desarrollan las plantas (Martinez, L & Lopez. C., 2018).

### **9.6.2 Desarrollo de *Canna indica* y *Panicum maximum*.**

El desarrollo de la planta se realizó mediante la medición de la parte aérea desde el cuello de la raíz y tomando en cuenta la hoja más representativa (Pérez, H., 2013). El promedio de crecimiento en altura de *Canna indica* fue de 34 cm y *Panicum maximum* fue de 39.1 cm.

### **9.6.3 Presencia de coliformes fecales.**

Las muestras de agua para el periodo 30/11/18 demostraron una identificación probable de bacterias *Escherichia sp.*, *Klebsiella sp.*, *Salmonella sp.*, *Shigella sp.* Para el siguiente período 14/12/18 se evidencia el efecto de las plantas sobre las concentraciones de coliformes (Prado, G. & Morales, M., 2013)

### **8.6.4 Eficiencia de remoción de nitratos, fosfatos y cromo en IFA.**

Con respecto a las Figura 18 – 19, y en consideración con el requerimiento nutricional de *Canna indica* y *Panicum maximum*, se pudo observar que esta especies vegetativas en su etapa de crecimiento presentaron una mayor absorción de nitratos y menor absorción de fosfatos (Bertsch, 2005), (Maurilio et al , 2010).

Con respecto a la Figuras 20 – 21 y en consideración con el requerimiento nutricional de *Canna indica* y *Panicum maximum* se pudo observar que hubo menor porcentaje de absorción de fosfatos, ya que según (Bertsch, 2005), (Maurilio et al , 2010) estas especies vegetativas requieren de nitratos en su etapa de crecimiento, por lo que se evidencio un mayor porcentaje absorción del nutriente.

Con respecto a la Figura 22 – 23 y en base a las condiciones controladas se pudo observar que la remoción (bio-acumulación) de cromo por parte de *Canna indica* redujo notablemente la concentración del mismo con un promedio de remoción del 87.08 %, debido a que el cromo se acumula en las raíces de la planta, pero las plantas presentaron un rápido deterioro (Auxilia, M., 2009). Mientras que la remoción (absorción) de fosfatos y nitratos por parte de *Panicum máximo* y *Canna indica* de igual manera redujo la concentración, con un promedio de absorción de 53.13 % y 71,96 % respectivamente debido a que los asimila en forma de nutrientes (Auxilia, M., 2009), (Hernandez, I. et al, 2017)

#### **9.6.5 Islas flotantes artificiales como alternativa eco tecnológica.**

Una vez concluida la evaluación se puede proponer que el sistema IFAs constituye una alternativa para mejorar la calidad de agua en la remoción de nitratos, fosfatos y cromo. Este sistema es fácilmente de replicar ya que su costo de instalación, mantenimiento y operación es bajo en comparación con los métodos convencionales de tratamiento de aguas residuales (plantas de tratamiento). Además que le brinda un toque paisajístico al lugar donde se instale el sistema, y se utilizan recursos del medio (Prado, G. & Morales, M., 2013)

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

### **10.1 Técnicos.**

- Al emplear esta alternativa de remediación no requiere de costos excesivos de mantenimiento.
- A diferencia de otros tratamientos de tratamientos convencionales de agua, esta alternativa con el uso de plantas no requiere de la adición de otra sustancia química para complementar el proceso.

### **10.2 Sociales.**

- Al implementar en zonas pobladas donde hay la incidencia de contaminación con nitratos, fosfatos y cromo se dará a futuro un bienestar estable entre el ambiente y el ser humano.
- Mejorar la calidad del agua para que las personas que utilizan este recurso en actividades agrícolas (riego), lo hagan sin exceso de contaminantes.

### **10.3 Ambientales.**

- No provoca alteración alguna al entorno donde este método de remediación se instale.
- Logra conformar un micro ecosistema, donde hay una interacción entre plantas y microorganismo (simbiosis).

### **10.4 Económicos.**

- Los costos de ejecución de esta alternativa, puede ser más económico que otros métodos convencionales de tratamiento de aguas.
- No requiere de instalaciones adecuadas, debido a que esta alternativa ejecuta en el área afectada.

## **11. CONCLUSIONES.**

- La matriz flotante como lecho de cultivo ha demostrado ser apto para el desarrollo de especies vegetativas, debido a que se ha evidenciado que el promedio de crecimiento es similar al presentado en su medio natural, teniendo en cuenta que su periodo de adaptabilidad fue de 32 días desde del trasplante de las cepas y germinación de las semillas.
- Se determinó que el sistema IFA en un periodo de cuatro meses presentó los siguientes porcentajes de remoción: nitratos 71,96%; fosfatos 53,13% y cromo 87,08%, demostrando ser un sistema eficiente en la depuración de cuerpos hídricos.
- Basado en el análisis de laboratorio análisis de laboratorio y en la evaluación de porcentajes de remoción para cada parámetro en estudio, se considera pertinente proceder con la aplicación del sistema para mejorar la calidad de agua de reservorios y para el tratamiento de efluentes industriales como la industria curtiembre.

## **12. RECOMENDACIONES.**

- La matriz flotante diseñada presentó excelentes características de resistencia, durabilidad y flotabilidad siendo posible su aplicación para el desarrollo de otras especies vegetativas.
- Los muestreos se pueden realizar con mayor frecuencia y de acuerdo a los protocolos establecidos, para obtener mayor precisión en la evaluación de resultados.
- Antes de su aplicación es importante conocer el volumen a tratar y la calidad de agua y de acuerdo a estos parámetros seleccionar la especie apta para el sistema.

### 13. BIBLIOGRAFIA.

- Acevedo, E., et al. (2005). *Criterios calidad suelos y aguas agrícolas*. Chile: SAG.
- Adhanom, T. (2018). *Declaración Ministerial sobre Salud, Medio Ambiente y Cambio Climático*. Nairobi: ONU Medio Ambiente.
- Alarcón, E., J. C. Lotero y L.R. Escobar. (1969). *Producción de semilla de los pastos Angleton, Puntero y Guinea. Agricultura*. Mexico.
- Alka, et al. (2012). *TECNOLOGÍAS CONVENCIONALES DE TRATAMIENTO DE AGUA Y SUS LIMITACIONES*. México
- Andrade., M. (2012). *Development and optimization of biodegradable films based on achira flour*. *Carbohydrate polymers*, 88(2), 449-458.
- ARCSA. (2014). *Informe calidad de agua del rio Cutuchi ARCSA-CZ03-CO-001*. Riobamba: ARCSA.
- Auxilia, M. (2009). *Método de Remediación Natural para Completar la Depuración de Efluentes Industriales Contaminados con Cromo Hexavalente*. Argentina.
- Aziz., et al. (2008). *HEAVY METALS (CD, PB, ZN, NI, CU AND CR (III)) REMOVAL FROM WATER IN MALAYSIA: POST TREATMENT BY HIGH QUALITY LIMESTONE*.
- Barakat.(2011). *TRATAMIENTOS PARA LA REMOCION DE METALES PESADOS COMUNMENTE PRESENTES EN AGUAS RESIDUALES*. Revista Ingenieria y Region.
- Beltrán, M., & Gómez, A. (2016). *BIORREMEDIACIÓN DE METALES PESADOS CADMIO (Cd), CROMO (Cr) Y MERCURIO (Hg) MECANISMOS BIOQUÍMICOS E INGENIERÍA GENÉTICA: UNA REVISIÓN*. Bogotá: UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA .
- BERNAL E., Javier. (2003). *Pastos y forrajes tropicales, producción y manejo. Banco ganadero*. (4a. ed.). Bogotá. p 417 – 421

Bertsch. (2005). *Estudios de absorción de nutrientes como apoyo a las recomendaciones de fertilización*. San Jose, Costa Rica.

Bricker T., et al. (2001). *PHYTOEXTRACTION OF PB AND CD FROM A SUPERFICIAL SOIL: EFFECTS OF AMENDMENTS AND CROPPING*. Journal Environmental Science and Health Engineering.

Cenzano, E. (1977). *Extracción y caracterización de 3 clones de achira (canna edulis)*. Licenciatura. UNALM, Lima (Perú), Facultad de Industrias. Lima.

Clairand, et al. (2017). *Islas flotantes artificiales: una alternativa ecotecnológica para la restauración y remediación de aguas contaminadas*. Latacunga.

Combes, D. & J. Pernes. (1970). *Variation dans les nombres chromosomiques du Panicum maximum Jacq. En relation avec le mode de reproductio*. Paris. 270.782-5.

Cueva, K. & Erreis, E. (2008). *Manejo integrado, producción orgánica y revalorización de cultivos andinos tradicionales*. Quito.

El telégrafo, (2017) *El estero Palanqueado 'renace' entre 40 islas flotantes en el sector Cisne II*. Guayaquil

Fonseca & Clairand. (2017). *ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES UNA ALTERNATIVA ECOTECNOLOGICA PARA LA RESTAURACION Y REMEDIACION DE AGUAS CONTAMINADAS* Riobamba

Förstner., et al. (1981). *METAL POLLUTION IN THE AQUATIC ENVIRONMENT*. England

Gomez, A. (1980). *La Achira (Canna sp)*. Nariño

Gonzales., (2006). *TRATAMIENTOS PARA LA REMOCION DE METALES PESADOS COMUNMNETE PRESENTES EN AGUAS RESIDUALES*. Revista Ingeniería y Region.

Hernandez, I. et al. (2017). *Fitorremediación de un suelo contaminado con petróleo extra pesado con Megathyrus maximus*. México.

Hudson, A. (2017). *El camino para reducir la contaminación marina*. New York.

INAMHI, (2012). *CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE LOS EFLUENTES DE AGUA AL RÍO CUTUCHI EN EL SECTOR LASSO CANTÓN LATACUNGA PROVINCIA COTOPAXI, PERIODO 2015*, Latacunga 2015.

Jian-feng, y otros. (2003). "CANN A INDICA AND ACORUS CALAMUS ECOLOGICAL FLOATING BEDS FOR PURIFICATION OF MICRO-POLLUTED SOURCE WATER," China Water & Wastewater, vol. 3,.

Leal (2013). *TECNOLOGÍAS CONVENCIONALES DE TRATAMIENTO DE AGUA Y SUS LIMITACIONES*. Mexico.

Liu & Lee (2014). *TRATAMIENTOS PARA LA REMOCION DE METALES PESADOS COMUNMNETE PRESENTES EN AGUAS RESIDUALES*. Revista Ingenieria y Region.

León, G. R. C. 1977. *Algunas consideraciones Técnicas sobre la producción de semilla de Zacate Guinea (Panicum máximum Jacq.) en México*. Boletín No. 3.. México: PNS.

Marin Galvin (2012). *PROCESOS FISICO QUIMICOS EN DEPURACION DE AGUAS. TEORIA, PRACTICA Y PROBLEMAS RESUELTOS*. España: Diaz de Santos.

Martinez, L & Lopez. C. (2018). *Islas flotantes como estrategia para el establecimiento de plantas acuáticas en el Jardín Botánico de Bogotá*. Bogota.

Mentaberry. (2011). *Fitorremediación de aguas residuales* . Argentina.

Maurilio et al . (2010). *Rendimiento y calidad de semilla de pasto guinea (Panicum maximum Jacq.) cv. Tanzania usando la fitohormona esteroidal cidef-4*. Mérida.

Ministerio del Ambiente. (2013). *Determinación de los parámetros físicos, químicos y quimicos del agua del canal latacunga salcedo-ambato en el sector santa lucia*. Latacunga.

Ministerio de Salud Publica (2014). *Informe de Avance del Rio Cutuchi*. Riobamaba: Ministerio de Salud Pública .

- Najarro. (1995). *El cultivo de la achira (canna edulis,ker) y la extracción manual del almidon.Informe de prácticas pre-profesionales para obtener el grado académico de Bachiller en Ciencias Agrícolas Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga de Ayacucho.Perú .*
- Neiff, J. J. (1999). El régimen de pulsos en ríos y grandes humedales de Sudamérica. *Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica*, 229, 99-103.
- Nessner V, Esposito E. 2010. *BIOTECHNOLOGICAL STRATEGIES APPLIED TO THE DECONTAMINATION OF SOIL POLLUTED WITH HEAVY METALS*. *Biotechnology advances*, 28:61-89.
- Osei., et al. (2015). *TRATAMIENTOS PARA LA REMOCION DE METALES PESADOS COMUNMNETE PRESENTES EN AGUAS RESIDUALES*. *Revista Ingenieria y Region*.
- Pérez, H. (2013). *Nuevo manual para la medición estandarizada de caracteres funcionales de plantas*. Australia.
- Prado, G. & Morales, M. (2013). *FITODEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS CON POACEAS: Brachiaria mutica, Pennisetum purpureum y Panicum maximun EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN, CAUCA*.
- Quishpe A . (2010). *Estudio de reducción fotocatalizada de cromo hexavalente*. La paz: revista bolivariana de química.
- Ramsar. (1971). La Convención de Humedales de Importancia Internacional . *La Convención de Humedales de Importancia Internacional* . Teherán.
- Sanchez, C. (1978). *Investigaciones sobre áreas de cultivo, cernido, épocas de cosecha, panificación de la Achira (Canna edulis)*. Colombia.
- Sanchesz Muñoz. (2010). *“TRATAMIENTO BILÓGICO COMBINADO CON FILTRACIÓN EN TAMICES MOLECULARES, DE AGUAS CONTAMINADAS CON HIDROCARBUROS, AFECTADAS EL DERRAME DE LA LÍNEA DE FLUJO DEL POZO SHUSHUQUI 13, CANTON LAGO AGRIO, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS, ECUADOR.”*. Lago Agrio.
- Reinoso. (2008). *PELIGROSAS AGUAS DEL RÍO CUTUCHI*, Pichinchas. Quito

SENAGUA. (2008). *La Contaminacion del Rio Cutuchi*. Latacunga.

UNESCO. (2008). *Water Quality for Ecosystems and Human Health*. 2ª edición. PNUMA, ERCE. Ldoz.

Vargas, J., y otros. (2014). *Revista electronica de veterinaria*. Ecuador.

Wang. (2011). *Hojalinformativa de la Mejor Gestión Innovadora N. ° 1; Tratamiento Flotante Humedales*. Virginia.

Warmke, H. E. (1954). Apomixis in *Panicum maximum*. *American Journal of Botany*, 41(1), 5-11.

WWAP. (2009). *Tercer informe sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo*. Turquía.

Yeh & Chang. (2015). *EVALUATION OF COMMERCIAL FLOATING TREATMENT WETLAND TECHNOLOGIES FOR NUTRIENT REMEDIATION OF STORMWATER*

## 14. ANEXOS.

### Anexo 1. Hojas de vida



#### HOJA DE VIDA

##### DATOS PERSONALES

<b>NOMBRE</b>	Gutiérrez Macato Erik Andres
<b>DOCUMENTO DE IDENTIDAD</b>	0503578684
<b>FECHA DE NACIMIENTO</b>	20 de junio de 1995
<b>LUGAR DE NACIMIENTO</b>	Latacunga
<b>ESTADO CIVIL</b>	Soltero
<b>CIUDAD</b>	Latacunga
<b>DIRECCIÓN</b>	Parroquia “Joseguango Bajo”
<b>TELÉFONO</b>	03279-314
<b>E-MAIL</b>	erik.gutierrez4@utc.edu.ec

##### FORMACION ACADEMICA

<b>Estudios Primarios:</b>	Escuela Fiscal “Eugenio Espejo”
<b>Estudios Secundarios:</b>	Colegio de Bachillerato “Ramón Barba Naranjo”
<b>Universitarios:</b>	Universidad Técnica de Cotopaxi

##### EXPERIENCIA LABORAL

Empresa Lactea “Los Empapados”

##### CURSOS REALIZADOS

Taller de calidad de agua y meteorología	<b>GAD PROVINCIAL DE COTOPAXI</b>
Congreso Nacional de Medio Ambiente y Recursos Natrales	<b>CECATERE</b>
III Seminario internacional de cooperación universitaria para el desarrollo sostenible – Ecuador 2017	<b>REIMA</b>
Gestion de espacios protegidos una alternativa hacia el desarrollo sostenible	<b>REIMA</b>
I Seminario internacional de fiscalización, seguimiento y control ambiental.	<b>ADN Consultoría</b>

#### **REFERENCIAS PERSONALES**

Lcda. Ximena Macato      0984860433

Sr. Oscar Gutiérrez      0995010188

## HOJA DE VIDA



### DATOS PERSONALES

**NOMBRE** Bravo de la Cruz Alex Armando  
**DOCUMENTO DE IDENTIDAD** 0504128901  
**FECHA DE NACIMIENTO** 14 agosto de 1995  
**LUGAR DE NACIMIENTO** Latacunga  
**ESTADO CIVIL** Soltero  
**CIUDAD** Latacunga  
**DIRECCIÓN** Av. Unidad Nacional- Calle Rubén Teran  
**TELÉFONO** 0998448323  
**E-MAIL** alxbravoc@gmail.com

### FORMACION ACADEMICA

**Estudios Primarios:** Escuela Fiscal “Manuelita Saenz”  
**Estudios Secundarios:** Colegio de Bachillerato Tecnico “Catorce de Julio”  
**Universitarios:** Universidad Técnica de Cotopaxi

### EXPEREINCIA

Práctica pre profesional en los laboratorios de Agua, química y física de la carrera en Ingeniería de Medio Ambiente, Universidad Técnica de Cotopaxi.

Voluntariado en el Plan de Manejo de Desechos Sólidos del cantón Salcedo, GAD Municipal de Salcedo.

Promotor del proyecto: Paramos II “Gestión Sustentable de Tierras Altas y Adaptación al Cambio Climático” Fundación Heifer Ecuador.

Ayudante de cátedra en: Hidráulica y Diseño de Plantas de Tratamiento de la Carrea de ingeniería de Medio Ambiente

Práctica pre Profesional en la secretaria del Agua, Demarcación Hidrográfica de Pastaza, CAC-Latacunga.

### **CURSOS REALIZADOS**

#### **Seminarios – cursos Realizados:**

Seminario de capacitación en Calidad Ambiental, 2015	<b>GAD- PROVINCIAL DE COTOPAXI</b>
Curso-taller <b>Sistemas de Información Geográfica</b> para la Planificación y Ordenamiento de Territorio, 2017	<b>REIMA</b>
III Seminario Científico Internacional de Cooperación Universitaria para el Desarrollo Sostenible, 2017	<b>REIMA</b>
Curso Taller de Manejo de Instrumentación Ambiental, 2018	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI</b>
Seminario Nacional Ambiental, 2018	<b>GAD- PROVINCIAL DE COTOPAXI</b>
Foro “los Recursos Hídricos en Cotopaxi”, 2018	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI</b>
Conferencia “Estado de Conservación del Cóndor Andino en Ecuador y del Oso de Anteojos en Ecuador”, 2018	<b>MINISTERIO DEL AMBIENTE- UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI</b>

Certificación del idioma Chino-Mandarín nivel A1, 2017	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI</b>
Capacitación a a los sujetos de control en planes de manejo ambiental, planes de acción ambiental, informes de cumplimiento y auditorias en el cantón Latacunga, enfocado a la educación sobre los problemas del cambio climático	<b>GAD- PROVINCIAL DE COTOPAXI – VIGIA</b>

#### **REFERENCIAS PERSONALES**

Ing. M.Sc. Jorge Bravo 0958912921

Ing. M.Sc. Camilo Zapata 0996360993

Anexo 2. Desarrollo de *Canna indica* y *Panicum máximum*.

		 <b>MATRIZ CRECIMIENTO ACHIRA - PASTO GUINEA</b> 					
N° TINA	FECHA	ACHIRA			PASTO		
		Planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 1	Planta 2	Planta 3
1	26/10/2018	26.3	25.5	24.2	18.1	15.3	22.1
2	26/10/2018	25.6	26.1	23.1	14.2	24.1	24.9
3	26/10/2018	25	25.1	28	16.3	9	23.1
1	31/10/2018	27.1	25.9	25.1	18.9	16.1	22.9
2	31/10/2018	26.1	27	23.9	15	24.9	25.6
3	31/10/2018	25.5	25.9	27.8	17	10.1	24
1	9/11/2018	28	27	26	19.4	16.9	23.7
2	9/11/2018	27.2	27.8	24.7	15.9	26	26.4
3	9/11/2018	26.4	26.2	28.4	17.6	11	24.7
1	16/11/2018	28.7	27.8	26.8	21.3	18.1	24.5
2	16/11/2018	28.1	28.5	25.3	16.9	26.9	27
3	16/11/2018	27.1	26.9	29	18.4	11.8	25.2
1	22/11/2018	29.1	28.2	27.4	22	19.1	25.3
2	22/11/2018	29.5	29.6	26	17.5	28.2	27.9
3	22/11/2018	28.4	27.8	29.7	19.2	12.4	25.7
1	29/11/2018	30.5	29.9	28	23.1	20	26
2	29/11/2018	30	31.2	26.6	18.1	29.6	30.8
3	29/11/2018	29.1	28.5	30.2	20.5	13.1	26.2
1	6/12/2018	31.2	30.5	28.7	23.9	21.1	26.9
2	6/12/2018	30.1	32.4	27.1	19	30.6	31.5
3	6/12/2018	31.8	29	30.9	21.2	16.4	26.9
1	13/12/2018	32	30.9	29.6	25	22.1	27.6
2	13/12/2018	30.4	32.4	28.1	19.5	31.4	32.3
3	13/12/2018	31.8	29.8	32	22	17.3	28
1	20/12/2018	32.4	30.9	29.9	25.6	22.8	27.3
2	20/12/2018	30.9	32.7	28.5	20.4	32	32.9
3	20/12/2018	32.3	30	32.3	22.7	18.1	28.8
1	27/12/2018	32.5	31	30.1	26.2	23.6	27.8
2	27/12/2018	31	32.9	28.9	21	32.5	33.5
3	27/12/2018	32.5	30.3	32.8	23.3	18.7	29.4

1	3/1/2019	33	31.3	30.5	26.9	24.3	28.2
2	3/1/2019	31.4	33.3	29.2	21.6	33	34
3	3/1/2019	32.9	30.7	33	24	19.3	30
1	10/1/2019	33.3	32.8	30.9	27.4	25	28.9
2	10/1/2019	31.7	33.9	29.7	22.2	33.6	34.5
3	10/1/2019	33.2	31	33.4	22.6	20	30.6
1	17/1/2019	32.5	33.1	31.1	28	25.7	29.6
2	17/1/2019	32	34.2	30	23.8	34.2	35
3	17/1/2019	33.5	31.2	33.9	23.4	20.6	31.3
1	23/1/2019	33.7	34.8	35.1	28.5	26.3	30
2	24/1/2019	32.4	34.4	30.4	24.3	34.7	35.5
3	24/1/2019	33.9	31.5	34.5	23.9	21.1	32
1	30/1/2019	33.7	34.8	35.1	29	27	30.4
2	31/1/2019	32.4	34.4	30.4	24.9	35.1	36.1
3	31/1/2019	33.9	31.5	34.5	24.5	21.7	32.5

N° TINA	FECHA	ACHIRA			PASTO		
		PI1	PI2	PI3	PI1	PI2	PI3
1	29/11/2018	4.3	5.5	4.3	5	4.4	4.1
2	29/11/2018	4.2	5.1	4.9	4.1	4.5	4.3
3	29/11/2018	5.2	5.3	4.6	4.5	4.7	4.3
1	15/1/2019	30.5	33.1	30.6	30	28.3	29.1
2	15/1/2019	30.4	32.6	29.9	29.3	28.5	28.4
3	15/1/2019	32.8	32.9	30.6	29.5	29.7	28.4

### Anexo 3. Identificación de coliformes fecales.

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b> FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE								
LOTE Canna indica Panicum maximum	FECHA	CRECIMIENTO		COLONIAS OBSERVADAS	FERMENTACION LACTOSA		IDENTIFICACION PROBABLE	NMP/100m L
		SI (+)	NO (-)		SI (+)	NO (-)		
C.i. P.m.1A	30/11/2018	X		Colonias mucoides de color rosa	X		Enterobacter, Klebsiella	
		X		Colonias de color de rosa a rojo (pueden estar rodeadas de una zona con precipitación de bilis)	X		E. coli	
		X		Colonias incoloras. Color del medio: Anaranjado a ámbar	X		Salmonella, Shigella	
C.i. P.m.1B	30/11/2018	X		Colonias de color de rosa a rojo (pueden estar rodeadas de una zona con precipitación de bilis)	X		E. coli	
C.i. P.m. 2A	30/11/2018	X		Crecimiento; colonias de incoloras a color beige. agrupamiento dinámico inhibido	X		Proteus mirabilis ATCC 12453	
C.i. P.m. 2B	30/11/2018	X		Crecimiento; colonias de incoloras a color beige	X		Salmonella Typhimurium ATCC 14028	
				Colonias incoloras. Color del medio: Anaranjado a ámbar	X		Salmonella, Shigella	
				Colonias de color de rosa a rojo (pueden estar rodeadas de una zona con precipitación de bilis)			E. coli	
C.i. P.m. 3A	30/11/2018			Colonias mucoides de color rosa			Enterobacter, Klebsiella	
				Colonias mucoides de color rosa			Salmonella, Shigella	
C.i. P.m. 3B	30/11/2018	X		Colonias de color de rosa a rojo (pueden estar rodeadas de una zona con precipitación de bilis)			E. coli	
		X		Colonias mucoides de color rosa			Enterobacter, Klebsiella	
		X		Colonias incoloras. Color del medio: Anaranjado a ámbar			Salmonella, Shigella	



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y

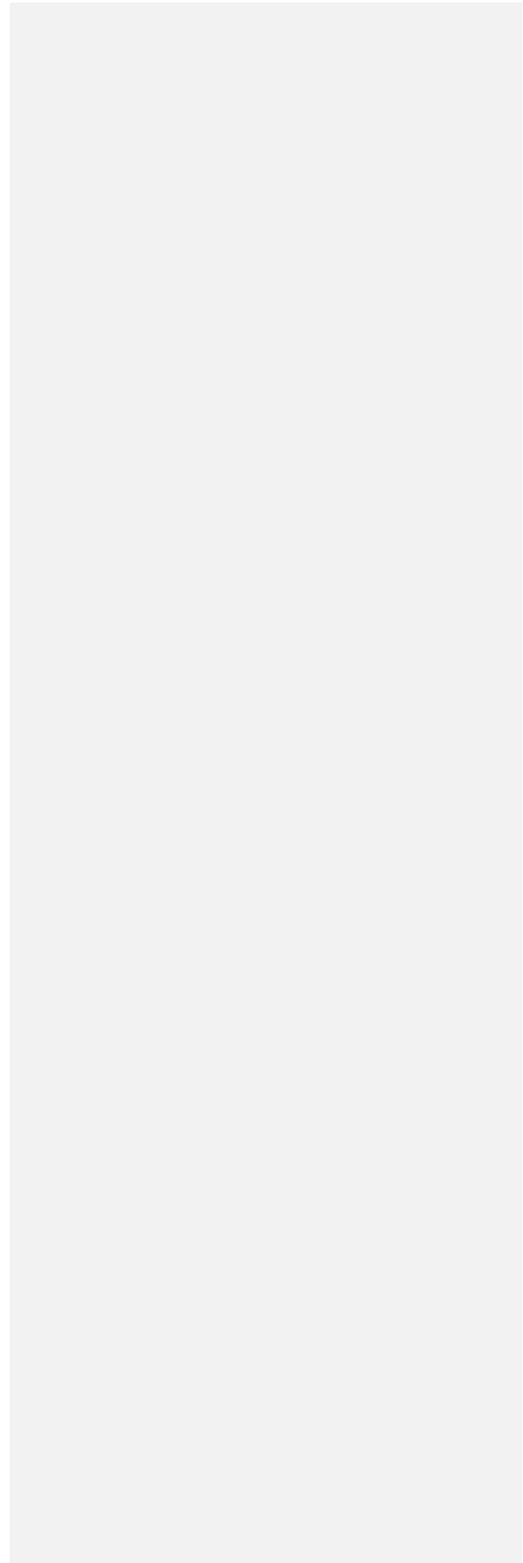
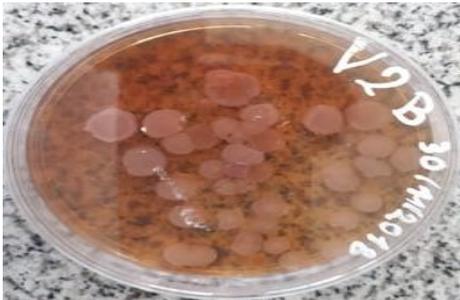
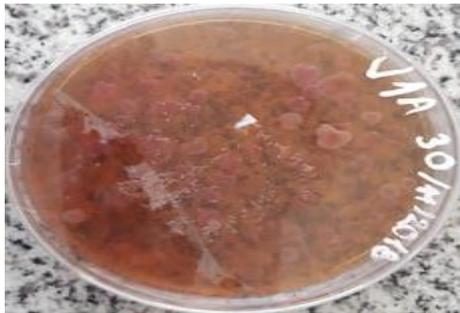
RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE



LOTE Canna indica Panicum maximum	FECHA	CRECIMIENTO		COLONIAS OBSERVADAS	FERMENTACION LACTOSA		IDENTIFICACION PROBABLE	NMP/100m L
		SI (+)	NO (-)		SI (+)	NO (-)		
C.i. P.m.1A	14/12/2018		X					
C.i. P.m.1B	14/12/2018		X					
C.i. P.m.2A	14/12/2018		X					
C.i. P.m.2B	14/12/2018			Descartada				
C.i. P.m.3A	14/12/2018	X		Colonias de color de rosa a rojo (pueden estar rodeadas de una zona con precipitación de bilis)		X	E. coli	
C.i. P.m.3b	14/12/2018	X		Colonias incoloras. Color del medio: Anaranjado a ámbar	X		Salmonella, Shigella	

Anexo 4. Medios de cultivo, muestras de agua.



**Anexo 5. Resultados laboratorio INAMHI.**



**INFORME DE RESULTADOS**

RC38-05

Nº: 18-774  
Pág. 1 de 3

USUARIO:	Universidad Técnica del Cotopaxi		OT:	18-188
PERSONA DE CONTACTO:	Erik Gutierrez	Email:	<a href="mailto:erik.gutierrez4@utc.edu.ec">erik.gutierrez4@utc.edu.ec</a>	
TOMA DE MUESTRA REALIZADO POR:	Erik Gutierrez	PROCEDIMIENTO DE TOMA DE MUESTRA:	NR	
DIRECCIÓN:	Latacunga	TELÉFONO:	032719314 / 0984880433	Fax: NR
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN:	17/12/2018	HORA:	16H38	
LUGAR DE ANÁLISIS:	LANCAS -Iñaquito N36-14 y Corea			
FECHA DE ANÁLISIS:	18/12/2018 a 20/12/2018			
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	21/12/2018			

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA:**

Código de Laboratorio:	M-18-774
Identificación de la muestra:	Tina 1 Muestra 2 Achira Pasto Guinea
Lugar de toma de muestra:	NR
Toma de muestra	Fecha: 17/12/2018
	Hora: NR
Coordenadas:	NR
Matriz:	Agua Natural
Observaciones:	NR

**REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:**

"Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación Nº SAE LE C 15-005"  
 El informe no podrá ser reproducido total ni parcialmente, salvo autorización escrita de LANCAS.  
 Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. LANCAS declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.  
 Este informe no es válido sin la firma del Responsable de Laboratorio y el sello de LANCAS.  
 NR: No Reporta