



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**CARRERA: INGENIERIA EN MEDIO AMBIENTE**

Título del Proyecto:

**EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DEL SISTEMA DE ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES (IFA) CON VETIVER (*VETIVERIA ZIZANIOIDES*) A TRAVÉS DE UN MODELO MATEMÁTICO, PERIODO 2019 – 2020.**

Proyecto de investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniería en Medio Ambiente

*Autoras:*

Córdova Caizachine Jessica Soledad

Iza Campaña Alisson Estefanía

*Tutora:*

PhD. Mercy Lucila Ilbay Yupa

Latacunga – Ecuador

Febrero – 2020

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

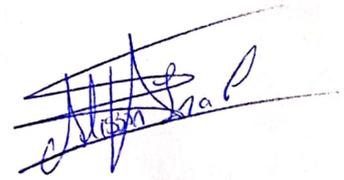
Yo, Jessica Soledad Córdova Caizachine y Alisson Estefanía Iza Campaña declaramos ser autoras del presente proyecto de investigación: "EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DEL SISTEMA DE ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES (IFA) CON VETIVER (*VETIVERIA ZIZANIOIDES*) A TRAVÉS DE UN MODELO MATEMÁTICO, PERIODO 2019 – 2020.", siendo la PhD. Mercy Lucila Ilbay Yupa, tutora del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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



Jessica Soledad Córdova Caizachine

C.I. 180546542-2



Alisson Estefanía Iza Campaña

C.I. 172076691-2



Tutor

PhD. Mercy Lucila Ilbay Yupa

C.I. 060414790-0

## 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 **JESSICA SOLEDAD CÓRDOVA CAIZACHINE**, identificado con C.C. N° **180546542-2**, de estado civil **SOLTERA** y con domicilio en Cunchibamba, Tungurahua; **ALISSON ESTEFANIA IZA CAMPAÑA** identificado con C.C. N° **172076691-2** de estado civil **SOLTERA** y con domicilio en Quito, Pichincha, 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 2015 - FEBRERO 2020)

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

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

**Tema:** “EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DEL SISTEMA DE ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES (IFA) CON VETIVER (*VETIVERIA ZIZANIOIDES*) A TRAVÉS DE UN MODELO MATEMÁTICO, PERIODO 2019 – 2020.”

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

**CLÁUSULA TERCERA. -** Por el presente contrato, **LA/EL CEDENTE** autoriza a **LA**

**CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

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

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

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

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

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

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

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la

resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

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

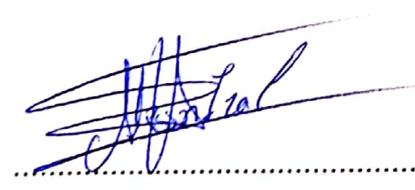
**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento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

El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga del mes de febrero del 2020.



Córdova Caizachine Jessica Soledad



Iza Campaña Alisson Estefanía

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

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

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

**“EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DEL SISTEMA DE ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES (IFA) CON VETIVER (*VETIVERIA ZIZANIOIDES*) A TRAVÉS DE UN MODELO MATEMÁTICO, PERIODO 2019 – 2020.”**, de las Srtas. **Jessica Soledad Córdova Caizachine** y **Alisson Estefanía Iza Campaña**, estudiantes de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de la Universidad Técnica Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, febrero, 2020

Tutora

Firma



---

PhD. Mercy Lucila Ilbay Yupa

C.I. 060414790-0

## 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, el o los postulantes Jessica Soledad Córdova Caizachine y Alisson Estefanía Iza Campaña con el título de Proyecto de Investigación: “EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DEL SISTEMA DE ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES (IFA) CON VETIVER (*VETIVERIA ZIZANIOIDES*) A TRAVÉS DE UN MODELO MATEMÁTICO, PERIODO 2019 – 2020.” 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, febrero, 2020

Para constancia firman:

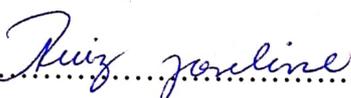


.....

Lector 1 (Presidente)

MSc. Kalina Fonseca Largo

CC: 172353445-7

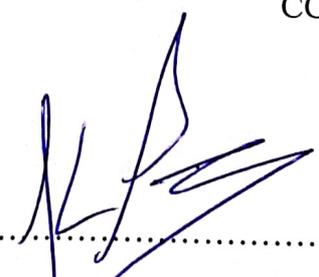


.....

Lector 2

Ing. Joseline Luisa Ruiz Depablos

CC: 175873906-2



.....

Lector 3

Ing. José Luis Ágreda Oña

CC: 040133210-1

## AGRADECIMIENTO

A mis padres por la dedicación y paciencia puesta en mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por desear y anhelar siempre lo mejor para mi vida.

A mi madre María del Consuelo Campaña Torres, por estar siempre al pendiente, dándome ánimos para no desistir en todo este proceso universitario, brindándome su cariño y amor, enseñándome a valorar cada situación atravesada.

A mi padre José Manuel Iza Toapanta, por ser uno de mis pilares fundamentales, sin su ayuda, esfuerzo y sacrificio, nunca hubiese podido alcanzar mi meta.

A mi hermana Lessly Denisse Iza Campaña y a mi tía, América Yolanda Campaña Torres, por ser un impulso motivacional esencial.

A todos y cada uno de mis docentes por compartir sus conocimientos y enseñanzas ya que sin ellos no hubiese sido posible realizar el presente estudio de investigación.

¡Gracias totales!

**Autora:**

Alisson Estefanía Iza Campaña

## AGRADECIMIENTO

A dios por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de mis estudios.

A mis padres Felipe Napoleón Córdova Basantes y María Rosario Caizachine Candilejo por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con reglas y algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

A toda mi familia porque cada uno de ellos me ayudó con sus consejos de una forma u otra animándome a que siga adelante y que luche por alcanzar las metas que me propongo.

A todos los docentes que conforman la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, por compartir sus enseñanzas, las mismas que fueron necesarias para la ejecución del estudio de investigación.

¡Gracias totales!

**Autora:**

Jessica Soledad Córdova Caizachine

## **DEDICATORIA**

A mis padres José Manuel Iza Toapanta y María del Consuelo Campaña Torres, a mi hermana Lessly Denisse Iza Campaña, a mi tía América Yolanda Campaña Torres y, a todas aquellas personas especiales que con cariño han influenciado a lo largo de mi trayectoria, ofreciéndome los mejores consejos, guiándome para ser una persona de bien y sobre todo una profesional.

### **Autora:**

Alisson Estefanía Iza Campaña

**DEDICATORIA**

A mis padres Felipe Napoleón Córdova y María Rosario Caizachine Candilejo. A mis hermanos Juan Daniel Córdova Caizachine, Erika Michelle Córdova Caizachine y Estephanie Alejandra Córdova Caizachine y a todas las personas que estuvieron conmigo durante todo mi periodo de estudios. Por su apoyo incondicional, por sus palabras de aliento, sus consejos, su amor y porque siempre serán mi ejemplo a seguir.

**Autora:**

Jessica Soledad Córdova Caizachine

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

**TITULO: “EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DEL SISTEMA DE ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES (IFA) CON VETIVER (VETIVERIA ZIZANIOIDES) A TRAVÉS DE UN MODELO MATEMÁTICO, PERIODO 2019 – 2020.”**

Autoras:

Córdova Caizachine Jessica Soledad

Iza Campaña Alisson Estefanía

**RESUMEN**

Las islas flotantes artificiales (IFA) son una alternativa ecotecnológica e innovadora, diseñada para la captación de contaminantes presentes en los cuerpos de agua. El desarrollo de la investigación tuvo como objetivo evaluar el vetiver (*Vetiveria zizanioides*) como posible especie para la fitorremediación de aguas contaminadas con exceso de nutrientes. La evaluación de remoción se analizó en base a cuatro parámetros: nitratos (NO<sub>3</sub>), fosfatos (PO<sub>4</sub>), demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y potencial de hidrogeno (pH), cada 21 días durante un periodo de tres meses. Mediante la aplicación de la ecuación de remoción de la carga contaminante se obtuvo como resultado el 96 % de PO<sub>4</sub> y 4% de NO<sub>3</sub> en el periodo de estudio. Además, el modelo matemático de regresión lineal simple determinó que a partir de 15 días el vetiver comenzó con un 0.0004% de remoción de NO<sub>3</sub> y a los 16 días con un 4.46% de PO<sub>4</sub>, a través del programa computacional RStudio, que relaciona el tiempo con la remoción.

**Palabras claves.** IFA, vetiver, fitorremediación, remoción, nitratos, fosfatos, DBO<sub>5</sub>, pH.

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

**TITLE: EVALUATION OF POLLUTANTS REMOVAL FROM THE ARTIFICIAL  
FLOATING ISLANDS (IFA) SYSTEM WITH VETIVER (*VETIVERIA ZIZANIOIDES*)  
THROUGH A MATHEMATICAL MODEL, 2019 – 2020 PERIOD**

Autoras:

Córdova Caizachine Jessica Soledad

Iza Campaña Alisson Estefanía

**ABSTRACT**

Artificial floating islands (IFA) are an ecotechnological and innovative alternative, designed for the capture of contaminants present in water bodies. The objective of the research was to evaluate the vetiver (*Vetiveria zizanioides*) as a possible species for the phytoremediation of water contaminated with excess nutrients. The removal evaluation was analyzed based on four parameters: nitrates (NO<sub>3</sub>), phosphates (PO<sub>4</sub>), biochemical oxygen demand (BOD<sub>5</sub>) and hydrogen potential (pH), every 21 days for a period of three months. By applying the equation of removal of the contaminant load, 96% of PO<sub>4</sub> and 4% of NO<sub>3</sub> were obtained in the study period. In addition, the simple linear regression mathematical model determined that after 15 days the vetiver began with 0.0004% of NO<sub>3</sub> removal and at 16 days with 4.46% of PO<sub>4</sub>, through the RStudio computer program, which relates time to removal.

**Keywords.** IFA, vetiver, phytoremediation, removal, nitrates, phosphates, DBO<sub>5</sub>, pH.

## ÍNDICE

1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2. RESUMEN DEL PROYECTO .....	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	3
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	4
6. OBJETIVOS .....	5
6.1. General .....	5
6.2. Específicos .....	5
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS. ....	6
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA .....	7
8.1. El agua.....	7
8.2. Importancia del agua .....	7
8.3. Contaminación del agua y su presencia en la provincia de Cotopaxi.....	8
8.4. Efectos de los nitratos y fosfatos en el medio hídrico. ....	10
8.4.1. Contaminación en el agua por nitratos.....	10
8.4.2. Contaminación en el agua por fosfatos .....	12
8.5. Demanda Bioquímica de Oxígeno .....	13
8.6. Potencial Hidrogeno (pH).....	13
8.7. Eutrofización .....	14
8.8. Métodos alternativos de tratamiento .....	14
8.8.1. Humedales artificiales .....	14
8.8.2. Fito remediación.....	14
8.9. Islas Flotantes Artificiales .....	15
8.9.1. Descripción.....	15
8.9.2. Historia .....	16
8.9.3. Estructura .....	16
8.9.4. Funcionamiento .....	17
8.10. Vetiver.....	19
8.10.1. Descripción de la especie.....	19
8.10.2. Taxonomía.....	19
8.10.3. Características .....	20
8.10.4. Fenología.....	22
8.10.5. Latencia/dormancia .....	23
8.10.6. Germinación / brotamiento .....	23

8.10.7. Crecimiento .....	23
8.10.8. Floración.....	23
9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPOTESIS. ....	24
10. METODOLOGIA .....	24
10.1. Área de estudio .....	24
10.2. Muestreo del canal de riego Latacunga – Salcedo – Ambato.....	25
10.3. Ubicación del ensayo (tinas).....	25
10.4. Instalación del sistema.....	25
10.4.1. Construcción de la matriz flotante .....	26
10.4.2. Implementación del sustrato .....	26
10.5. Adecuación del cuerpo hídrico. ....	27
10.6. Incorporación de vetiver ( <i>Vetiveria zizanioides</i> ) al sistema .....	27
10.7. Protocolo de muestreo (INEN 2169) LABIOTEC. ....	27
10.7.1. Refrigeración de las muestras .....	27
10.7.2. Transporte de las muestras.....	28
10.7.3. Etiquetado.....	28
10.8. Determinación del porcentaje de remoción.....	28
10.9. Correlación entre el crecimiento de la planta y los contaminantes. ....	28
10.10. Modelo de regresión lineal simple.....	29
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	29
11.1. Desarrollo del vetiver ( <i>vetiveria zizanioides</i> ). ....	29
11.1.1. Etapa de adaptación y desarrollo .....	29
11.2. Crecimiento del Vetiver por tina. ....	30
11.3. Porcentaje de remoción .....	31
11.4. Correlación entre el crecimiento de la planta con los parámetros analizados. ....	33
11.4.1. Correlación entre el crecimiento de la raíz y de los parámetros evaluados. ....	33
11.4.2. Correlación entre el crecimiento aéreo y de los parámetros evaluados. ....	34
11.5. Determinación de dos modelos de regresión lineal para los contaminantes.....	36
11.5.1. Ecuación lineal para nitratos y fosfatos. ....	37
12. IMPACTOS.....	38
12.1. Social.....	38
12.2. Ambiental.....	39
12.3. Económico.....	39
13. PRESUPUESTO .....	39
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	40
14.1. Conclusiones .....	40
14.2. Recomendaciones .....	40

15. REFERENCIAS .....42

16. ANEXOS .....51

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Beneficiarios del Proyecto.....	3
<b>Tabla 2</b> Actividades y sistema de tareas .....	6
<b>Tabla 3.</b> Información taxonómica.....	19
<b>Tabla 4</b> Resultados de los monitoreo del canal de riego del río Cutuchi .....	25
<b>Tabla 5</b> Proporciones del sustrato en la matriz flotante.....	26
<b>Tabla 6</b> Función del sistema aireador. ....	27
<b>Tabla 7</b> Crecimiento promedio del vetiver .....	30
<b>Tabla 8</b> Promedios de los parámetros evaluados.....	31
<b>Tabla 9</b> Remoción de NO <sub>3</sub> y PO <sub>4</sub> y, promedios del DBO <sub>5</sub> y pH. ....	37
<b>Tabla 10.</b> Presupuesto .....	39
<b>Tabla 11</b> Etapas del Vetiver.....	52
<b>Tabla 12</b> Resultados de los monitoreo del canal de riego del rio Cutuchi .....	53
<b>Tabla 13</b> Crecimiento de Vetiver en cada IFA. ....	53
<b>Tabla 14</b> Crecimiento promedio de tallo y raíz. ....	53
<b>Tabla 15</b> Resultados de los monitoreos .....	54
<b>Tabla 16</b> Remoción de fosfatos .....	54
<b>Tabla 17</b> Remoción de nitratos.....	54
<b>Tabla 18</b> Remoción de NO <sub>3</sub> y PO <sub>4</sub> y, promedios del DBO <sub>5</sub> y pH. ....	55
<b>Tabla 19</b> Correlación entre el crecimiento de la raíz y de los parámetros evaluados.....	55
<b>Tabla 20</b> Correlación entre el crecimiento del tallo y de los parámetros evaluados. ....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Mapa del grado de depresión en el Mundo (CONAGUA, 2011) .....	8
<b>Figura 2</b> Microcuenca del río Cutuchi.....	9
<b>Figura 3</b> Ciclo del nitrógeno: 1 Fijación; 2.Amonificación; 3. Nitrificación; 4 Desnitrificación .....	11
<b>Figura 4</b> Ciclo del fósforo en humedales: 1 Descomposición de materia orgánica; 2. Mineralización; 3. Fijación; 4. Liberación-reducción .....	12
<b>Figura 5</b> Mecanismos de fitorremediación .....	14
<b>Figura 6</b> Isla Flotante Artificial .....	16
<b>Figura 7</b> a) Estructura de soporte b) Fibra Plástica .....	17
<b>Figura 8</b> Funcionamiento de Sistema IFA.....	17
<b>Figura 9</b> Morfología del vetiver .....	19
<b>Figura 10</b> Mecanismos de fitorremediación .....	22
<b>Figura 11</b> Sitio de muestreo y ubicación del ensayo .....	24
<b>Figura 12</b> Etiqueta .....	28

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> Remoción de fosfatos .....	31
<b>Gráfico 2</b> Remoción de nitratos .....	32
<b>Gráfico 3</b> Diagrama de dispersión en función del crecimiento (raíz) a) nitratos y b) fosfatos	34
<b>Gráfico 4</b> Diagrama de dispersión en función del crecimiento (raíz) a) DBO5 y b) pH.....	34
<b>Gráfico 5</b> Diagrama de dispersión en función del crecimiento aéreo a) nitratos y b) fosfatos	35
<b>Gráfico 6</b> Diagrama de dispersión en función del crecimiento aéreo a) DBO5 y b) pH.....	35

## ÍNDICE DE ANEXOS.

<b>Anexo 1</b> Elaboración de la fibra de coco .....	51
<b>Anexo 2</b> Aplicación del sustrato (fibra de coco) .....	51
<b>Anexo 3</b> Primera y segunda adaptación .....	51
<b>Anexo 4</b> Colocación de la matriz flotante en las respectivas tinas. ....	52
<b>Anexo 5</b> Crecimiento del vetiver.....	52
<b>Anexo 6</b> Tablas.....	52
<b>Anexo 7</b> Códigos del modelo matemático .....	55
<b>Anexo 8</b> Hoja de vida del docente tutor .....	56
<b>Anexo 9</b> Hoja de vida del estudiante investigador 1 .....	58
<b>Anexo 10</b> Hoja de vida del estudiante investigador 2 .....	60
<b>Anexo 11</b> Aval de traducción.....	62
<b>Anexo 12</b> Monitoreos .....	63

## 1. INFORMACIÓN GENERAL

**Título del Proyecto:**

EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DEL SISTEMA DE ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES (IFA) CON VETIVER (*VETIVERIA ZIZANIOIDES*) A TRAVÉS DE UN MODELO MATEMÁTICO

**Fecha de inicio:** Marzo 2019

**Fecha de finalización:** Febrero 2020

**Lugar de ejecución:**

Parroquia Eloy Alfaro, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, zona 3, Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CEASA), campus Salache

**Facultad que auspicia**

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CEASA)

**Carrera que auspicia:**

Ingeniería en Medio Ambiente

**Proyecto de investigación vinculado:**

Identificación de Cuencas Hídricas y Puntos de Descargas para Determinar Calidad y Cantidad del Agua

**Equipo de Trabajo:**

**Coordinador de Proyecto de Investigación:** MSc. Kalina Fonseca

**Tutor de Titulación:** PhD. Mercy Lucila Ilbay Yupa

**Lectores**

- ✓ MSc. Kalina Fonseca Largo
- ✓ Ing. Joseline Luisa Ruiz Depablos
- ✓ Ing. Jose Luis Agreda Oña

**Tesistas:** Córdova Caizachine Jessica Soledad & Iza Campaña Alisson Estefanía

**Área de Conocimiento:**

Ambiente / Manejo de Recursos Hídricos

**Línea de investigación:**

Análisis, Conservación y Aprovechamiento de la biodiversidad local.

## 2. RESUMEN DEL PROYECTO

Las islas flotantes artificiales (IFA) son una alternativa ecotecnológica e innovadora, diseñada para la captación de contaminantes presentes en los cuerpos de agua. El desarrollo de la investigación tuvo como objetivo evaluar el vetiver (*Vetiveria zizanioides*) como posible especie para la fitorremediación de aguas contaminadas con exceso de nutrientes. La evaluación de remoción se analizó en base a cuatro parámetros: nitratos (NO<sub>3</sub>), fosfatos (PO<sub>4</sub>), demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y potencial de hidrogeno (pH), cada 21 días durante un periodo de tres meses. Mediante la aplicación de la ecuación de remoción de la carga contaminante se obtuvo como resultado el 96 % de PO<sub>4</sub> y 4% de NO<sub>3</sub> en el periodo de estudio. Además, el modelo matemático de regresión lineal simple determinó que a partir de 15 días el vetiver comenzó con un 0.0004% de remoción de NO<sub>3</sub> y a los 16 días con un 4.46% de PO<sub>4</sub>, a través del programa computacional RStudio, que relaciona el tiempo con la remoción.

**Palabras claves.** IFA, vetiver, fitorremediación, remoción, nitratos, fosfatos, DBO<sub>5</sub>, pH.

### 3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En la actualidad los cuerpos de agua se encuentran constantemente deteriorados debido a las actividades contaminantes inducidas por el hombre. Se han desarrollado métodos convencionales, que si bien son eficientes para el tratamiento de aguas residuales tiene desventajas por el uso de insumos químicos, una inversión elevada en la aplicación, construcción y operación, aún más en los lugares cuyos costos de la energía sean altos. Por lo expuesto anteriormente, esto impide que dichos tratamientos puedan ser aplicables en todas las zonas requeridas.

Existen alternativas viables para contribuir en la mejora de la calidad del agua, como es el sistema de Islas Flotantes Artificiales (IFAs), funciona como un sistema de humedal, diseñado para la remoción y captación de contaminantes presentes en los cuerpos de agua. Está comprobado que las islas flotantes funcionan como sistemas de depuración de aguas en ríos, lagos y cuencas hídricas que benefician a la población para su consumo.

Por el desconocimiento de la eficiencia de este tipo de tratamiento en el Ecuador, en donde se utiliza las IFAs con Vetiver (*Vetiveria zizanioides*), especie vegetativa que remueve contaminantes tanto del suelo como del agua, es necesario realizar estudios que permitan analizar la remoción ante contaminantes como los nitratos y fosfatos y, predecir su comportamiento ante parámetros importantes como el pH y la Demanda Bioquímica de Oxígeno.

### 4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**Tabla 1.** Beneficiarios del Proyecto

<b>Beneficiarios directos</b>		<b>Beneficiarios indirectos</b>	
Pobladores de la (M.R.C.) del río Cutuchi	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>	Secretaría de Agua
	110.181	118.524	Ministerio del Ambiente
			Ministerio de Agricultura y Ganadería
			Ministerio de Salud Pública
			Gobiernos Autónomos Descentralizados
<b>Total:</b>	<b>228.705</b>		Academia

**Elaborado:** Córdova J. – Iza A. (2020)

**Fuente:** Herrera V. – Sumba G. (2019)

## 5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

A nivel mundial los contaminantes son la causa más importante de la pérdida de la calidad del agua. La Organización Mundial de la Salud (OMS), en 2008 estimó que en los países en vías de desarrollo mueren 3 millones de personas anualmente por enfermedades relacionadas con la calidad del agua, más del 80% de las aguas residuales se descarga sin tratamiento, contaminando ríos, lagos y zonas costeras. La UNESCO, en el 2017 menciona que las necesidades previstas en la producción de alimentos, junto con el aumento de los efluentes de aguas residuales asociados al crecimiento de la población en los próximos tres decenios, hacen prever un incremento del 10%-15% en la carga de nitrógeno que aportan los ríos a los ecosistemas costeros.

Ecuador, caracterizándose por tener una gran cantidad de cuencas hidrográficas, el presidente de la Secretaria de Agua (SENAGUA), en 2013 manifestó que el 65% de las cuencas hídricas están contaminadas, esto confieren un escenario perjudicial para la salud de la población en todo el Ecuador. Tiene una influencia negativa en los recursos hidrológicos superficiales y en el agua subterránea.

El Ministerio de Salud Pública (MSP) del Ecuador en el 2014 declaró que en la provincia de Cotopaxi, Latacunga recibe un volumen diario de 30.000 m<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 y el camal municipal. El subsecretario de Articulación Territorial de SENAGUA verificó en enero del 2020 la incidencia de las fábricas que desfogan productos químicos a la vertiente, misma que forma parte del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato.

En nuestro país, parte del agua residual que se produce (con altos contenidos de nitratos y fosfatos), es vertida sin previo tratamiento a los cuerpos receptores; se necesita alternativas de tratamiento, como la fitorremediación, que a su vez pone en práctica el uso de humedales artificiales o a su vez conocidas como islas flotantes artificiales mediante el uso de la planta vetiver para remover contaminantes. Esta alternativa, es calificada por otros estudios, como una alternativa eco – tecnológica innovadora, diseñada exclusivamente para la remoción y captación de diversos contaminantes presentes en el agua, siendo un tratamiento sostenible y económico.

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1.General**

Evaluar la remoción de contaminantes del sistema de islas flotantes artificiales (IFA) con Vetiver (*Vetiveria zizanioides*), a través de un modelo matemático.

### **6.2.Específicos**

- Determinar el porcentaje de remoción de contaminantes (fosfatos y nitratos), mediante un análisis de campo y laboratorio.
- Establecer la correlación que existe entre el crecimiento de la planta y el porcentaje de remoción y parámetros de calidad.
- Aplicar un modelo de regresión lineal simple en base a la correlación existente entre el tiempo, contaminantes y parámetros de calidad.

## 7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.

**Tabla 2** Actividades y sistema de tareas

Objetivos	Actividad	Resultados	Metodología.
Determinar el porcentaje de remoción de contaminantes (fosfatos y nitratos), mediante un análisis de campo y laboratorio	Calcular el porcentaje de remoción de los contaminantes en base a los monitoreos de agua.	Porcentaje de remoción de fosfatos y nitratos.	Con la ayuda de Excel y una base de datos de los monitoreos, a partir de una ecuación de remoción se obtuvo el porcentaje.
Establecer la correlación que existe entre el crecimiento de la planta y el porcentaje de remoción y parámetros de calidad.	Recopilar información del crecimiento aéreo y radicular de la planta, de los porcentajes de remoción y de los parámetros de calidad.	Diagramas de dispersión en Excel	Correlación entre los datos del crecimiento de la planta con los porcentajes (NO <sub>3</sub> y PO <sub>4</sub> ) de remoción y de los parámetros de calidad (DBO <sub>5</sub> y PH)
Aplicar un modelo de regresión lineal simple en base a la correlación existente entre el tiempo, contaminantes y parámetros de calidad.	Determinar la ecuación de la remoción de NO <sub>3</sub> y PO <sub>4</sub> .	Ecuación de regresión lineal simple.	Mediante el software RStudio en conjunto con la base de datos, se determinó la correlación entre el tiempo, porcentaje de remoción los parámetros de calidad.

**Elaborado:** Córdova J. – Iza A. (2020)

## **8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA**

### **8.1.El agua**

El agua es una molécula polar considerada un solvente ideal. Esta capacidad de disolución del agua, es fundamental para la vida, ya que interviene en varias funciones, como en la alimentación de los seres vivos, como las plantas (acarreando nutrientes), en la respiración de los peces (debido al oxígeno disuelto) y en la eliminación de todos los organismos (Guerrero, M & Schifter, I., 2011).

En el artículo 12 de la Constitución del Ecuador, señala que el agua es un patrimonio nacional fundamental e irrenunciable de uso público, esencial para la vida (CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR, 2008).

### **8.2. Importancia del agua**

El agua es fundamental para la vida y debido al aumento de las necesidades por el continuo desarrollo de la humanidad, el hombre está en la obligación de proteger este recurso, pero la disponibilidad de la misma está disminuyendo constantemente. En muchas partes del mundo, la demanda de agua ya excede al abastecimiento, a medida que aumenta la población mundial (Salazar, 2015)

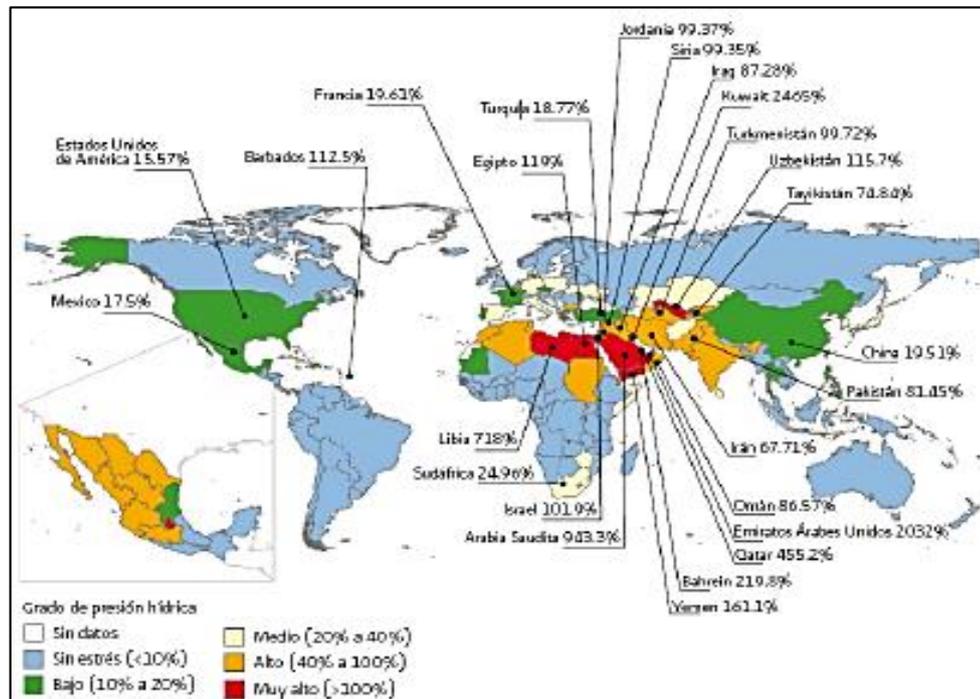
La reducción de este recurso hídrico, ya sea en la cantidad, en la calidad, o en ambas, origina efectos negativos. Aunque el medio ambiente tiene una capacidad natural de absorción y de auto regenerarse, pero si se excede, la biodiversidad se pierde, los medios de subsistencia disminuyen, las fuentes naturales de alimentos se deterioran y se generan costos de limpieza extremadamente elevados (UNESCO, 2003).

Según la (UNESCO, 2015), el agua es la base del desarrollo sostenible, varios factores se sostienen en los recursos hídricos como la reducción de la pobreza, el crecimiento económico y la sostenibilidad ambiental. Este recurso natural ayuda a mejorar el bienestar social, desde la alimentación y la seguridad energética hasta la salud humana.

Según la (UNEP, 2016), alrededor de 323 millones de personas enfrentan riesgos de salud por la creciente contaminación patógena, orgánica, salina y eutrófica del agua.

En el siglo XX, mientras la población mundial se triplicó las extracciones de agua se sextuplicaron; situación que aumenta el grado de presión sobre los recursos hídricos (CONAGUA, 2011).

**Figura 1** Mapa del grado de depresión en el Mundo (CONAGUA, 2011)



Fuente: (CONAGUA, 2011)

### 8.3. Contaminación del agua y su presencia en la provincia de Cotopaxi.

La norma vigente de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, describe que el agua se encuentra contaminada, cuando hay presencia de agentes contaminantes, ya sea físicos, químicos o biológicos, o la combinación de estos, en concentraciones y persistencias superiores o inferiores a los que dicta la legislación vigente, capaz de alterar la calidad del cuerpo receptor (Acuerdo Ministerial 097, 2015).

Se considera de tal manera un agente contaminante a toda sustancia que está en contacto con un cuerpo de agua natural, provocando el deterioro de su calidad física, química o biológica (AyA, 2015).

Existen algunas fuentes de contaminación entre las principales corresponden a las aguas residuales donde según la norma vigente de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, las aguas residuales se consideran aquellas provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales; de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos, y de

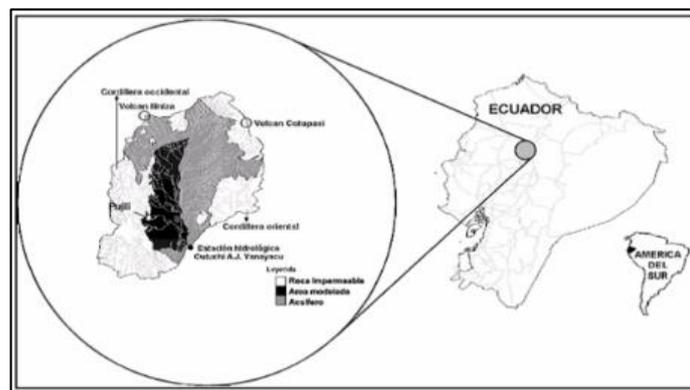
cualquier otro uso, así sea mínimo, que hayan sufrido degradación en su calidad original (Acuedo Ministerial 097, 2015). Así mismo (OEFA, 2015), considera que son aguas que necesitan un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural o descargadas a un sistema de alcantarillado.

El (TULSMA, 2003), indica que los parámetros físicos, químicos y microbiológicos a analizar, deben estar relacionados a los posibles contaminantes que se originan de las actividades y vertidos que se realizan en el sitio de estudio

La disponibilidad del agua utilizable depende de la calidad, una mala calidad del agua incide negativamente en los medios de vida, en la salud de las personas, así como en los costos del tratamiento y productividad de los ecosistemas. Si aumenta el costo relacionado con las medidas correctivas y el tratamiento del agua y no hay muchos recursos disponibles, se debe ejecutar nuevas ideas y tecnologías, incluyendo aquellas basadas en sistemas naturales, evitando el ritmo actual de deterioro y así recuperar los cuerpos de agua degradados (PNUMA, 2012).

El río Cutuchi, nace de los deshielos del volcán Cotopaxi, se encuentra en parte alta de la cuenca del río Pastaza, atraviesa la ciudad de Latacunga de norte a sur con una pendiente de 8.8%, es uno de los principales ríos de la zona sierra centro, sus aguas son utilizadas principalmente para actividades de regadío, producción agrícola y ganadería (Herrera & Sumba, 2019).

**Figura 2** Microcuenca del río Cutuchi



**Fuente:** (TACO, 2000).

La microcuenca del río Cutuchi se encuentra en una situación crítica de contaminación que en parte se debe a la descarga de aguas residuales por parte de las poblaciones por las cuales el río transita, así como de diferentes industrias que de igual manera descargan efluentes al río,

generando graves inconvenientes a la población debido a la alta contaminación de nitratos y fosfatos (Bermeo, E., & Tigse, W., 2018).

Según (Yáñez, E., & Vásquez, R., 2015), dentro de los principales contaminantes generados por las industrias están las siguientes: Sustancias químicas inorgánicas (Ácidos y compuestos de metales tóxicos) y sustancias químicas orgánicas (derivados de petróleo, plásticos, plaguicidas y detergentes).

El ion fosfato suele operar como un nutriente del crecimiento de algas, que al existir mayor concentración de estos ( $\text{PO}_4^-$ ), crecen de manera desmedida. Eso afecta a la cantidad de oxígeno presente en el agua y por ende el crecimiento descontrolado de materia orgánica viva, situación que conlleva una mayor tasa de descomposición, que finalmente conduce a un proceso de eutrofización (Aguilar, M., & Castillo, Y., 2019).

Existen dos tipos de fuentes de contaminación de las aguas naturales por compuestos nitrogenados: la contaminación puntual y la dispersa. El 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). Mientras que, en la contaminación dispersa o difusa, la actividad agronómica es la causa principal (Vitousek, P., Mooney, H., Lubchenco, J. & Melillo, J, 1997).

#### **8.4. Efectos de los nitratos y fosfatos en el medio hídrico.**

##### **8.4.1. Contaminación en el agua por nitratos**

El nitrógeno se puede encontrar en la naturaleza como nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) o nitrógeno oxidado ( $\text{NO}_2^-$  y  $\text{NO}_3^-$ ) (Sánchez & Millares, 2011).

Los nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) y nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ), son iones naturales dentro del ciclo del nitrógeno, se ha evidenciado un incremento de su concentración por efecto de actividades agrícolas y ganaderas (Herrera & Sumba, 2019), también puede ser provocado por el vertimiento de aguas residuales industriales y por la utilización de fertilizantes, se forman por la oxidación bacteriana incompleta del nitrógeno (Gutierrez, 2010).

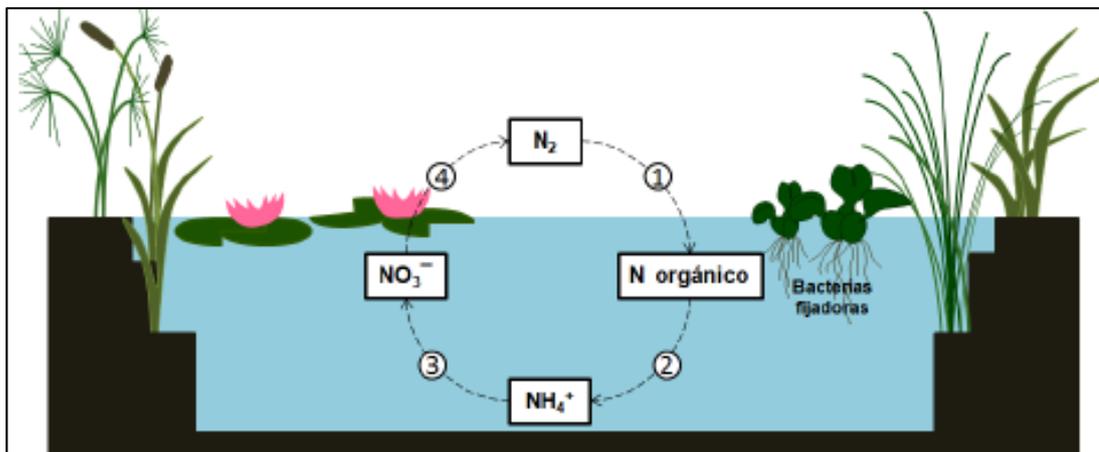
Las altas concentraciones de ( $\text{NO}_3^-$ ) y ( $\text{NO}_2^-$ ) han ocasionado problemas ambientales, como la acidificación de ríos y lagos con reducida alcalinidad produce efectos adversos en plantas y

animales acuáticos, en muchos casos se ha observado una disminución drástica de las poblaciones de invertebrados y peces. (Camargo, J.A., & Alonso, A., 2007).

#### 8.4.1.1. Ciclo del nitrógeno

El nitrógeno sufre un proceso de oxidación-reducción que involucra la oxidación de la forma reducida del nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ), o reducir las formas altamente oxidadas como el nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) (Vargas, 2016). Las reacciones de biotransformación más importantes del ciclo del nitrógeno en humedales son: Fijación, nitrificación, desnitrificación y la amonificación.

**Figura 3** Ciclo del nitrógeno: 1 Fijación; 2. Amonificación; 3. Nitrificación; 4 Desnitrificación



Fuente: (Vargas, 2016)

##### 8.4.1.1.1. Fijación.

El gas nitrógeno ( $\text{N}_2$ ) es convertido en  $\text{NH}_4^+$ . En los humedales existen bacterias aerobias, anaerobias y cianobacterias fijadoras de nitrógeno las cuales se encuentran en la columna del agua y en el suelo. Estas encargadas de la fijación del nitrógeno, poseen estructuras especializadas que contienen una enzima llamada Nitrogenasa, esta enzima les ayuda a fijar el nitrógeno atmosférico y transformarlo (Arnold G. van der Valk, 2012).

##### 8.4.1.1.2. Amonificación

En la conversión del nitrógeno orgánico a  $\text{NH}_4^+$  por acción de bacterias, puede ocurrir bajo ciertas condiciones aerobias o anaerobias, consiste en moléculas complejas que contienen nitrógeno como las proteínas, en las que las bacterias descomponen los aminoácidos de las proteínas liberando  $\text{NH}_4^+$  (Arnold G. van der Valk, 2012)

#### 8.4.1.1.3. Nitrificación

Consiste en la conversión de  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{NO}_3^-$ . Ocurre bajo condiciones aerobias en donde el  $\text{NH}_4^+$  es oxidado a  $\text{NO}_2^-$  por bacterias del género Nitrosomas y el  $\text{NO}_2^-$  es oxidado a  $\text{NO}_3^-$  por bacterias del género Nitrobacter. Normalmente el  $\text{NH}_4^+$  se encuentra de forma anaerobia en el suelo de los humedales y algunas veces en toda la columna de agua por difusión del suelo (Arnold G. van der Valk, 2012).

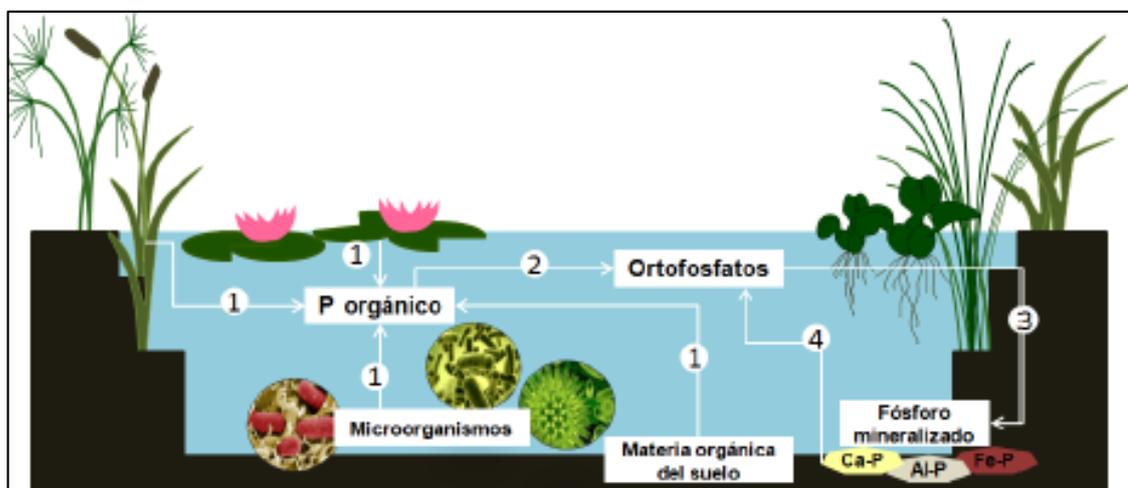
#### 8.4.1.1.4. Desnitrificación

Consiste en la conversión del  $\text{NO}_3^-$  a nitrógeno gaseoso ( $\text{N}_2$ ) u óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), cuando el  $\text{NO}_3^-$  se difunde en zonas anaerobias, no puede ser usado como terminal aceptor de electrones en la respiración anaerobia por muchos grupos de bacterias, incluyendo las facultativas. La desnitrificación remueve permanentemente el nitrógeno de los humedales (Arnold G. van der Valk, 2012)

### 8.4.2. Contaminación en el agua por fosfatos

Los fosfatos principalmente están contenidos en los detergentes y agro insumos, su vertido directo en las corrientes estimula el proceso de eutrofización el cual aumenta las plantas acuáticas, disminuye el oxígeno disuelto y varía el pH, afectando la calidad del agua (Herrera & Sumba, 2019).

**Figura 4** Ciclo del fósforo en humedales: 1 Descomposición de materia orgánica; 2. Mineralización; 3. Fijación; 4. Liberación-reducción



Fuente: (Vargas, 2016)

#### 8.4.2.1. Ciclo del fósforo

El fósforo en forma elemental es muy tóxico. Los fosfatos ( $\text{PO}_4^-$ ) se forman a partir de este elemento. Su presencia en humedales puede provenir de la separación de pesticidas orgánicos que contienen fosfatos. También puede existir en solución, como partículas, fragmentos, o cuerpos de organismos acuáticos. El fósforo orgánico disuelto, es rápidamente descompuesto por microorganismos y asimilado por los organismos fotosintéticos. La liberación del fósforo en el medio acuático se acelera con el aumento de la temperatura. (Vargas, 2016)

### **8.5. Demanda Bioquímica de Oxígeno**

Es la medida de la cantidad de oxígeno requerido para degradar la materia orgánica fácilmente degradable contenida en una muestra de agua, dada por medio de una población heterogénea de microorganismos, en un tiempo determinado (AyA, 2015).

Entre mayor sea la cantidad de materia orgánica en un cuerpo de agua, mayor será la inestabilidad de este, debido a la reducción de oxígeno, creando condiciones de deterioro en la vida acuática (AyA, 2015). Se ha tomado como tiempo de biodegradación de la muestra un tiempo de 5 días. Generalmente este es el tiempo que se requiere para que las bacterias digieran la materia orgánica biodegradable (Rocha, 2015).

Los sistemas con plantas flotantes reducen las partículas y cargas orgánicas en aguas residuales, previenen el crecimiento de algas a través de sombreado y la reducción de viento para hacer eficaz la eliminación de sólidos en suspensión y de materia orgánica que es aeróbicamente degradada por la biopelícula bacteriana que se une a las raíces de las plantas. Algunas veces la degradación anaerobia de material orgánico también se produce en los sedimentos del fondo, además de la precipitación de fósforo (Binti, 2010).

### **8.6. Potencial Hidrógeno (pH)**

Es una medida de la acidez o basicidad de una solución. El pH de la mayoría de las aguas naturales está entre 6 - 9 unidades, permanece razonablemente constante a menos que la calidad de agua cambie debido a las influencias de tipo natural o antropogénica (Barbara, 2015), por lo que si se da un cambio radical puede afectar de manera negativa a los procesos biológicos y sobrevivencia de las especies que estén interactuando en ese ecosistema (ROCHA, 2015).

Según (Castró, 2003), las aguas residuales urbanas, el pH se encuentra entre 6,5 y 8,5. Valores elevados (mayores a 9,2) tienen efectos inhibidores del crecimiento de *E. coli*. Cuando los valores están comprendidos entre 5 y 9 (los más favorables entre 6,5 y 8,5) la vida de

especies acuáticas es favorecida. En un vertido con pH ácido, se disuelven los metales pesados; a su vez, el pH alcalino ocasiona que los metales precipiten.

### 8.7. Eutrofización

Eutrofización, aunque sea el fósforo el principal nutriente para la eutrofización, se evidencia que el nitrógeno también es un nutriente limitante para este proceso. Concentraciones elevadas de  $(\text{NO}_3^-)$  y  $(\text{NO}_2^-)$  garantizan el desarrollo y mantenimiento de productores primarios (fitoplancton, algas bentónicas, micrófitos), contribuyendo con la eutrofización de los ecosistemas acuáticos (Antonio, J.S.P, 2011).

## 8.8. Métodos alternativos de tratamiento

### 8.8.1. Humedales artificiales

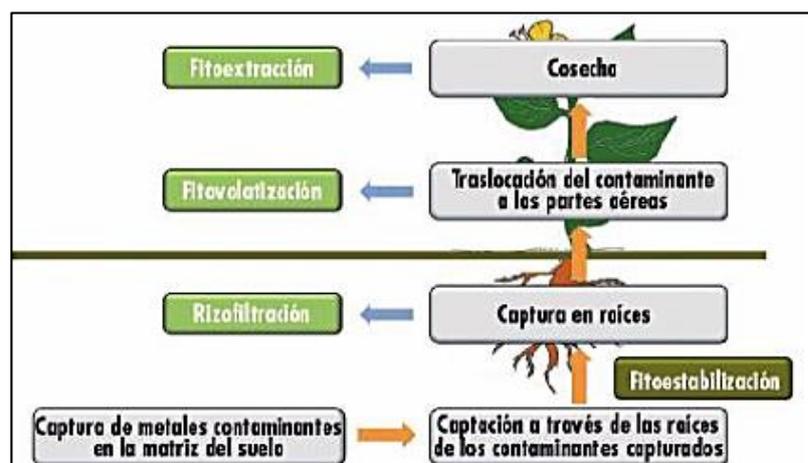
Los humedales son áreas que cumplen tres funciones: fijan físicamente los contaminantes en la superficie del suelo y la materia orgánica, utilizan y transforman los elementos por intermedio de los microorganismos y logra niveles de tratamiento consistentes con un bajo consumo de energía y mantenimiento (Lara, 2019)

### 8.8.2. Fito remediación

La fitorremediación, conjunto de procesos bioquímicos realizados por las plantas y microorganismos asociados a ellas que pueden extraer, concentrar, degradar, volatilizar o vaporizar in situ o ex situ la concentración de varios compuestos o sustancias tóxicas. (Delgadillo et. al, 2011) Es una tecnología relativamente reciente y se percibe como rentable, eficiente, respetuoso del medio ambiente (Sánchez, M., & Rodríguez, J, 2008).

Según (Wildschut, 2015), los procesos presentes en la fitorremediación son:

**Figura 5** Mecanismos de fitorremediación



Fuente: (Escolástico, et al., 2015)

#### 8.8.2.1.Fitoextracción

Hace referencia a cuando la planta absorbe del suelo o agua los contaminantes y los concentra en su parte vegetal. La contaminación se elimina mediante sucesivas cosechas y tratamiento de la parte vegetativa.

Para ello se emplean determinadas especies de plantas, llamadas hiperacumuladoras por la elevada proporción en la que se acumulan metales pesados en sus tejidos, además de tener una alta producción de biomasa.

#### 8.8.2.2.Fitoestabilización

En este proceso las plantas reducen la biodisponibilidad de los contaminantes del medio donde se encuentre, y sucesivamente mejora las propiedades físicas y químicas

#### 8.8.2.3.Fitovolatilización

Proceso en el que la planta extrae los contaminantes orgánicos del suelo o del agua y los volatiliza a través de su tejido

#### 8.8.2.4.Fitodegradación

Hace referencia a cuando plantas acuáticas o terrestres asimilan, almacenan y biodegradan sustancias orgánicas.

#### 8.8.2.5.Rizofiltración

Referente a la utilización de las raíces de las plantas para absorber y adsorber contaminantes del agua y de otros efluentes acuosos en el que la masa radicular actúa como filtro que retiene a los contaminantes. La rizofiltración se emplea para el tratamiento de aguas residuales o aguas contaminadas.

### **8.9.Islas Flotantes Artificiales**

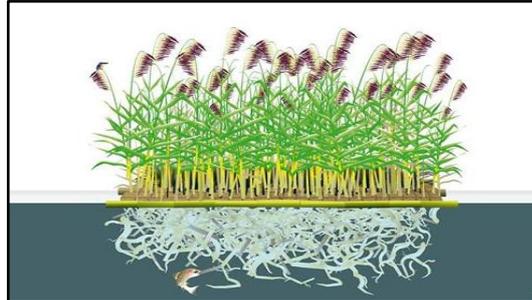
#### **8.9.1. Descripción**

Las Islas Flotantes Artificiales (IFAs), también conocida en inglés como FTWs (floating treatment wetlands) (C. C. Tanner and T. R. Headley,, 2011), son humedales flotantes que tratan aguas contaminadas y restauran ecosistemas acuáticos: lagos, estanques, marismas, canales, arroyos, ríos contaminados con hidrocarburos y metales pesados, aguas residuales domésticas e industriales (N. Yeh, P. Yeh, and Y.-H. Chang, 2015).

Según (Wang, 2010), las IFAs remueven contaminantes por varios mecanismos: mediante la absorción de nutrientes y metales, el desarrollo de biopelículas, la liberación de enzimas

extracelulares, la sedimentación, la unión de contaminantes y el aumento de la floculación de materia en suspensión.

**Figura 6** Isla Flotante Artificial



**Fuente:** (Martelo & Borrero, 2012)

Las IFAs se diseñan basándose 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 (N. Yeh, P. Yeh, and Y.-H. Chang, 2015).

### **8.9.2. Historia**

Las IFA pertenecen a las tecnologías ambientales emergentes (Hubbard, 2010). Originalmente desarrolladas en los años 50 para crear áreas de desove para peces, no tuvieron acogida hasta después de 1995. En Alemania, Estados Unidos y Japón decidieron implementarlas en lagos y lagunas como método de remoción de contaminantes obteniendo buenos resultados (Kamble, R. and Patil, D., 2012). En las últimas dos décadas, las islas flotantes aparecen como una evolución natural de los humedales artificiales 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 (GCEC, 2016).

### **8.9.3. Estructura**

Las IFAs están constituidas por una matriz flotante de soporte para el crecimiento de plantas macrófitas, siendo eficientes en la remediación de aguas con contenidos de nutrientes, materia orgánica y sustancias tóxicas (J. Martelo, L. Borrero, and J. A., 2012).

El medio de crecimiento de las plantas tiene que ser seleccionado para favorecer el desarrollo de las raíces de las macrófitas, así como su colonización por bio películas (Fonseca, Clairand, & Espitia, 2017).

La flotabilidad, puede ser provista en las estructuras de las IFA por tubos de polivinilo o polipropileno sellados, láminas de poli estireno, bambú y almohadillas de vinilo inflables (G. D. Stefani, D. Tocchetto, M. Salvato, and M. Borin,, Oct. 2011).

**Figura 7** a) Estructura de soporte b) Fibra Plástica



**Fuente:** (Fonseca, K., Clairand, M., & Espita, E, 2017)

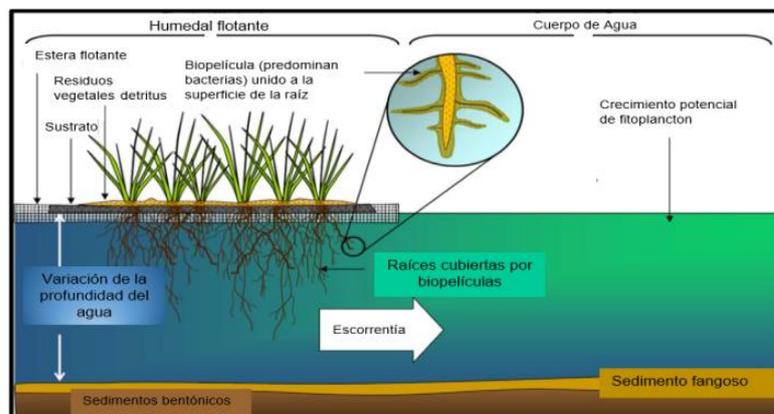
Para dar estabilidad a las plantas para su posterior desarrollo, se puede utilizar fibra de plástico (malla plástica), este debe estar acoplado a los tubos de polivinilo o polipropileno, garantizando el acoplamiento entre la isla y el lugar donde se desarrollará la planta.

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.

#### 8.9.4. Funcionamiento

Las islas flotantes se diseñan basándose 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 (N. Yeh, P. Yeh, and Y.-H. Chang, 2015).

**Figura 8** Funcionamiento de Sistema IFA



**Fuente:** (N. Yeh, P. Yeh, and Y.-H. Chang, 2015)

En las islas flotantes se colocan aireadores el cual va a generar oxígeno en nuestro cuerpo de agua, ayudando al crecimiento de la especie vegetativa. El agua atraviesa por debajo de la estera, mientras los contaminantes son removidos por la superficie de las raíces que forman biopelículas y sus principales componentes son:

- ✓ **El sustrato:** Sirve de soporte a la vegetación, permite la fijación de la población microbiana, que participa en la mayoría de los procesos de eliminación de los contaminantes.
- ✓ **La vegetación** (macrofitas): Contribuye a la oxigenación del sustrato, a la eliminación de nutrientes y sobre la que su parte subterránea también se desarrolla la comunidad microbiana.
- ✓ **El agua a tratar:** Circula a través del sustrato y de la vegetación

Los mecanismos involucrados en la eliminación de los principales contaminantes son: 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.
- ✓ Eliminación de materia orgánica mediante los microorganismos presentes en el humedal, principalmente bacterias, que utilizan esta materia orgánica como sustrato. A lo largo de la isla existen zonas con presencia o ausencia de oxígeno molecular, por lo que la acción de las bacterias sobre la materia orgánica tiene lugar tanto a través de procesos biológicos aerobios como anaerobios.
- ✓ Eliminación de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, principalmente mediante mecanismos de nitrificación – des nitrificación y precipitación.
- ✓ Eliminación de patógenos mediante adsorción, filtración o depredación.
- ✓ Eliminación de metales pesados como, cromo, mercurio, selenio, plomo, etc.

La remoción de contaminantes se realiza por medio de diversos mecanismos, como la absorción de nutrientes y metales, el desarrollo de biopelículas, la liberación de enzimas extracelulares, la sedimentación, la unión de contaminantes y el aumento de la floculación de materia en suspensión (N. Yeh, P. Yeh, and Y.-H. Chang, 2015).

El Sistema IFA con Vetiver resulta muy simple, práctico, económico, de bajo mantenimiento y muy efectivo para la conservación de suelos y agua, control de la

sedimentación, estabilización y rehabilitación de tierras, y fitorremediación, siendo una medida ambientalmente amigable (Grimshaw, 2008).

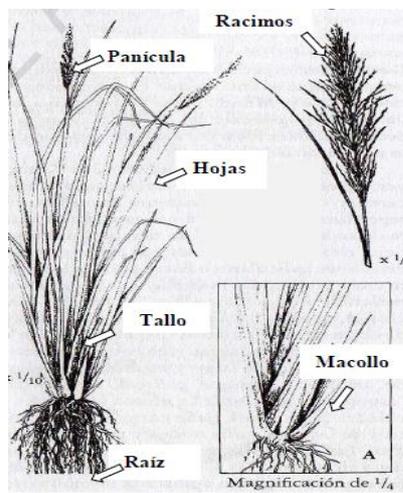
## 8.10. Vetiver

### 8.10.1. Descripción de la especie

Vetiver provienen de la India, especialmente de los pantanos, posee una serie de características morfológicas (alta eficiencia como barrera), fisiológicas (adaptabilidad a condiciones adversas), ecológicas (no tolera sombra ni bajas temperaturas permanentes, es heliófita), y genéticas (no invasor) que la hacen idónea como planta a ser usada como barrera viva en la conservación de suelos y agua (Truong, P. Van, T. y Pinner, E., 2009)

Es ideal para la conservación del suelo y agua, además su bajo costo, efectividad y simplicidad hace de Vetiver, una tecnología innovadora, una solución de color verde, simple, práctico y rentable (Truong, P., Van, T. T., Pinner, 2008).

**Figura 9** Morfología del vetiver



Fuente: (Altamirano, 2011)

### 8.10.2. Taxonomía

**Tabla 3.** Información taxonómica

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

Elaborado por: Córdova J. & Iza A. (2020)

### 8.10.3. Características

Miembro de la familia Poaceae, *Vetiver zizanioides*, con inflorescencia, crece en grandes macollos a partir de una masa radicular muy ramificada, sus tallos alcanzan una altura de 1.5 m y las hojas hasta 75 cm de largo (Grajera, 2009). Con raíces adventicias fibrosas que alcanzan una profundidad de 3.6 m en 12 meses y hasta 5 m de largo. Crece en suelos franco arenosos a suelos arcillosos, de muy ácidos a ligeramente alcalinos con un pH de 4-7,5. Puede resistir hasta temperaturas de  $-9^{\circ}\text{C}$  desde el nivel del mar hasta los 2500 msnm y soporta sequías extremas debido a su alto contenido de sales en la savia de sus hojas, así como inundaciones por largos periodos (Alegre O., 2007). La mayoría de las raíces del *Vetiver* son muy finas, con un diámetro promedio de 0.66 mm (de un rango de entre 0.2 a 1.7 mm) (Cheng H., Yang X., Liu A., Fu H., Wan M., 2003)

El *vetiver* una vez plantado crece muy rápido, puede desarrollarse en 6 meses una planta de 2 m de altura y con raíces de 1 m de largo que llegan a la madurez a los 18-24 meses con raíces de hasta 4 m también se caracteriza por poseer una longevidad alta, de más de 50 años (Wildschut, 2015).

Es tanto hidrófita, como xerófitas, una vez establecida puede resistir sequías, inundaciones y prolongados periodos de anegamiento, para su cultivo se necesita realizarlo en pleno sol por lo que requiere altos requerimientos de la luz solar y en sombra (superior a un 40%) crece más despacio o muere. La planta por su lugar de origen estado tropical, se desarrolla óptimamente a temperaturas de  $20-30^{\circ}\text{C}$ , aunque puede tolerar temperaturas aéreas de  $-15^{\circ}\text{C}$  a  $+40^{\circ}\text{C}$  (Wildschut, 2015)

En medio acuático, las raíces se desarrollan menos, pero aún presentan una masa densa de raíces finas con un diámetro promedio de 0,5-1 mm. (Wildschut, 2015). El *vetiver* como especie propia de pantano muestra un elevado nivel de evapotranspiración que puede llegar a 30 mm/día y además un umbral de salinidad de 8 dS/m (Truong, 1999).

#### 8.10.3.1. Características morfológicas

Conforme, (Truong et al. 2009), las características morfológicas del *vetiver* son:

- La planta de *vetiver* no tiene estolones ni rizomas funcionales. Su sistema de raíces finas y compactas crece muy rápido, en algunas aplicaciones puede alcanzar entre 3 y 4 m de

profundidad en el primer año. Este profundo sistema de raíces hace que la planta de vetiver sea extremadamente tolerante a las sequías y difícil de arrancar por fuertes corrientes.

- Tallos firmes y erguidos, que pueden soportar flujos de agua relativamente profundos. Muy resistente a plagas, enfermedades y al fuego.
- Forma una barrera densa cuando es plantado a corta distancia actuando como un filtro muy efectivo de los sedimentos y como un dispersor del agua de escorrentía.
- Nuevos brotes se forman desde la corona subterránea haciendo al vetiver resistente al fuego, heladas, tráfico y alta presión de pastoreo.
- Cuando es enterrado por los sedimentos atrapados, crecen nuevas raíces desde los nudos. El vetiver continuará creciendo hacia arriba con los sedimentos depositados formando eventualmente terrazas, si el sedimento atrapado no es removido.
- Se demostró que el Vetiver puede sobrevivir completamente sumergido por más de 120 días (Xia et. al, 6-9).

#### 8.10.3.2. Características fisiológicas

Conforme, (Troung et al. 2009), las características fisiológicas del vetiver son:

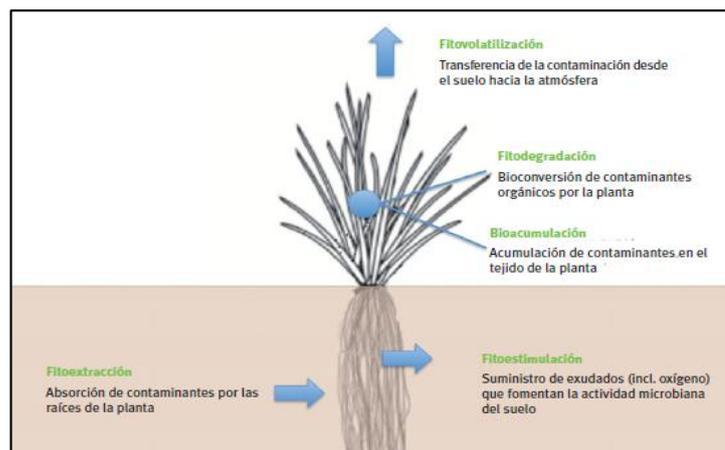
- Tolerancia a variaciones climáticas extremas como sequía prolongada, inundaciones, sumersión y temperaturas extremas de  $-15^{\circ}\text{C}$  a  $+55^{\circ}\text{C}$ .
- Habilidad para rebrotar rápidamente después de haber sido afectado por sequías, heladas, salinidad y otras condiciones adversas al mejorar las condiciones del tiempo o se añadan correctivos al suelo.
- Tolerancia a un amplio rango de pH desde 3.3 a 12.5 sin enmiendas del suelo. • Alto nivel de tolerancia a herbicidas y plaguicidas.
- Alta eficiencia en absorber nutrientes tales como N y P y metales pesados en aguas contaminadas.
- Muy tolerante a medios de crecimiento altos en acidez, alcalinidad, salinidad, sodicidad y Mg.
- Alta tolerancia al Al, Mn y metales pesados tales como As, Cd, Cr, Ni, Pb, Hg, Se y Zn en los suelos)

### 8.10.3.3. Características ecológicas.

Aunque el vetiver es muy tolerante a ciertas condiciones extremas de suelo y clima mencionadas, como pasto tropical es muy intolerante a la sombra ya que reduce su crecimiento y en casos extremos, puede incluso eliminar el vetiver en el largo plazo. Crece mejor en espacios abiertos y libres de malezas.

En terrenos erosionables e inestables el vetiver primero reduce la erosión, estabiliza el terreno, luego debido a la conservación de humedad y nutrientes, mejora el microambiente y otras especies espontáneas o cultivadas, pueden establecerse.

**Figura 10** Mecanismos de fitorremediación



**Fuente:** (Escuela de Organización Industrial, 2013)

Es una de las especies de plantas tolerantes que podrían tener futuro en proyectos de fitorremediación de suelos contaminados y ha sido ampliamente utilizada en depuración de aguas residuales. Investigaciones confirman que el vetiver es una planta con potencial para la descontaminación de metales pesado y radio nucleídos, acumulándolos más en las raíces que en los brotes. (Naulchavee, 2007).

Esta especie puede tolerar altos niveles de nitratos, fosfatos, productos químicos agrícolas, etcétera, es por ello que el vetiver se utiliza para el tratamiento de aguas contaminadas, fecales y/o residuales, también es un excelente remedio contra las aguas plagadas de micro-algas verde-azuladas (Rodríguez et. al, 2009).

### 8.10.4. Fenología

Planta perenne, florece por espacio de unas 15 semanas entre agosto y febrero (Herrera & Sumba, 2019)

#### **8.10.5. Latencia/dormancia**

Entraba en dormancia en el otoño y no renace sino hasta la primavera (Herrera & Sumba, 2019). Aunque el vetiver es una planta tropical, puede sobrevivir y desarrollarse en condiciones de frío extremo. Bajo condiciones de escarcha o helada su parte aérea muere o entra en latencia y se torna color púrpura pero sus puntos de crecimiento subterráneos sobreviven. (Truong, P. Van, T. y Pinners, E., 2009)

#### **8.10.6. Germinación / brotamiento**

Es una planta estéril, es decir su semilla, no germina (Herrera & Sumba, 2019). Brotan nuevas raíces de los nudos que quedan enterrados en el sedimento, el vetiver se adapta continuamente al nivel del terreno (Truong, P. Van, T. y Pinners, E., 2009).

#### **8.10.7. Crecimiento**

La panícula crece entre 15 a 40 cm. de largo y es de color rosado o púrpura. Es una planta perenne cuyo hábito de crecimiento es en forma de macollos erectos con un porte de 150 a 200 cm. de altura. Sus raíces son fibrosas, de aspecto esponjoso y masivo, no tiene estolones y sus rizomas son gruesos y no invasores, las mimas pueden alcanzar más de tres metros de profundidad. Las cañas tienen entre 0.5 y 1.5 m de altura, son fuertes y lignificadas formando una especie de empalizada impenetrable que lo hace especialmente apto como barreras vivas. Sus hojas promedian unos 75 cm. de largo y 0.5 a 1 cm. de ancho, de color verde oscuro y brillante, siendo sus suaves hacia las puntas, pero firmes y fuertes hacia su base. Se propagan por división de raíces, esquejes y renuevos (Orihuela, 2007).

#### **8.10.8. Floración**

Florece y produce semillas viables cuando se encuentra en su hábitat natural o sea en zonas pantanosas y revieras de los cursos de agua, pero en condiciones agrícolas es considerado estéril y este es el que se ha difundido por todas partes del mundo (Orihuela, 2007).

Después de 4 meses de cultivo, el pasto Vetiver creció bien en suelos pobres y moderadamente tóxicos, algunas plantas empezaron a florecer en la semana 16, después de 112 días. (Truong & Thai, 2015)

## 9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPOTESIS.

¿La evaluación del sistema IFA (Islas Flotantes Artificiales) con Vetiver (*vetiveria zizanioides*) permitirá determinar un modelo matemático de remoción de contaminantes?

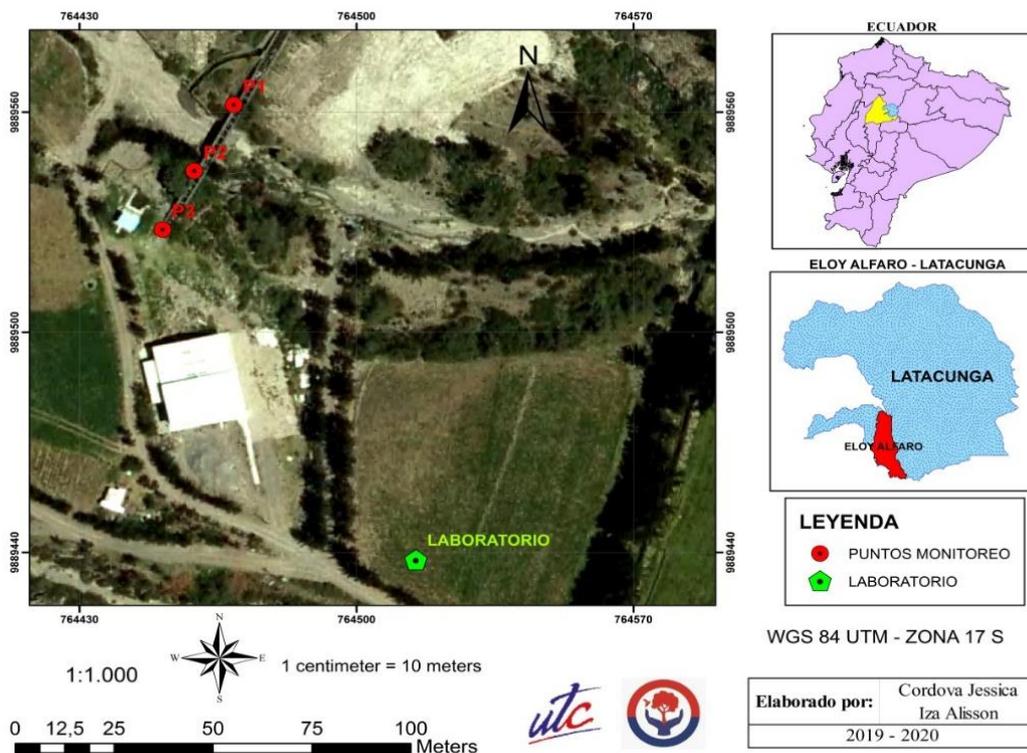
En base a los resultado de los monitoreos de agua analizados en un laboratorio acreditado “LABIOTEC” y a la recopilación de datos, se determinó la remoción de los contaminantes evaluados (Nitratos y Fosfatos) y a su vez el comportamiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno y el pH; con la utilización del Software RStudio, se determinó la ecuación de regresión lineal simple para el modelo matemático, permitiendo conocer con exactitud desde que día empieza su remoción.

## 10. METODOLOGIA

### 10.1. Área de estudio

El proyecto de investigación se desarrolló en las instalaciones de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, ubicada en la parroquia Eloy Alfaro, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.

**Figura 11** Sitio de muestreo y ubicación del ensayo



Elaborado por: Córdova, J. & Iza, A. (2020)

### 10.2. Muestreo del canal de riego Latacunga – Salcedo – Ambato.

Para seleccionar el agua de ingreso al ensayo (tinas), se realizó el muestreo inicial del agua, el cual presento los siguientes rangos de contaminantes (ver tabla 4). Considerando los resultados del análisis químico inicial del canal de riego, se estableció llevar a cabo la investigación partiendo de la recolección del agua del punto 3, debido a que cuenta con rangos de contaminación superior a los otros dos puntos analizados (ver tabla 4). Sin embargo, para la determinación de la funcionalidad del proyecto de investigación se adicioneo contaminantes extras a fin de aumentar las concentraciones iniciales del agua objeto de estudio. Sitio de muestreo in situ.

**Tabla 4** Resultados de los monitoreo del canal de riego del río Cutuchi

Punto	Coordenadas UTM	Parámetros			
		DBO5 mg/l	pH un.ph	PO2 mg/l	NO3 mg/l
1	764468	4.02	7.5	1.32	3
	9889548				
2	764466	3.37	7.5	1.4	2.96
	9889549				
3	764464	4.32	7.5	1.67	2.48
	9889550				

**Elaborado por:** Córdova, J. & Iza, A. (2020)

### 10.3. Ubicación del ensayo (tinas)

La evaluación de remoción de nitratos, fosfatos, y parámetro de calidad como la demanda bioquímica del oxígeno y pH, se realizó mediante tres tinas de polietileno denominadas V-01, V-02, y V-03, con características similares: color oscuro, forma redondeada, con una capacidad de 120 litros, mismas que están ubicadas dentro del invernadero adaptado en la terraza de los laboratorios de la Universidad Técnica de Cotopaxi (ver figura 11).

### 10.4. Instalación del sistema

Dentro de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en la terraza de los laboratorios CAREN se construyó un invernadero de 5 x 5 metros, construido artesanalmente a base de vigas de madera y cubierta de plástico, mismo que proporcione un ambiente controlado para el desarrollo de las especies vegetativas utilizadas para el proyecto.

### 10.4.1. Construcción de la matriz flotante

Para el análisis correspondiente se llenó los frascos completamente evitando que exista aire sobre la muestra, con la finalidad de limitar la interacción de la fase gaseosa y la agitación durante el transporte.

#### 10.4.1.1. Materiales

La matriz flotante se construyó a base de tubo PVC, codos y malla plástica de 1.5 cm de abertura.

#### 10.4.1.2. Ensamblado de la matriz flotante

Se construyó la matriz flotante de forma cuadrada con 4 tubos PVC los cuales fueron ensamblados con silicona.

La malla plástica se fijó en toda la estructura por medio de correas plásticas.

### 10.4.2. Implementación del sustrato

#### 10.4.2.1. Elaboración del sustrato

La fibra de coco fue extraída en hilachas de la corteza. Para su utilización fue sometida a un proceso de lavado con sal y abundante agua, con la finalidad de eliminar aminoácidos (ver anexo, figura 1).

Finalmente se realizó el secado de la fibra de coco en una estufa a 120° C durante 2 horas.

#### 10.4.2.2. Aplicación del sustrato en el sistema

Considerando la morfología de la especie vegetal vetiver (*Vetiveria zizanoides*) se realizó la incorporación del sustrato en la matriz flotante (ver tabla 5) como se puede (ver anexo, figura 2).

**Tabla 5** Proporciones del sustrato en la matriz flotante

Sustrato	Función	Peso kg/matriz flotante	Porcentaje %
Fibra de coco	Permite la retención del agua, además su capacidad de aireación evita enfermedades y plagas.	0.50 kg	100

Elaborado por: Córdova, J. & Iza, A. (2020)

### 10.5. Adecuación del cuerpo hídrico.

Volumen: 110 litros

Medidas: Radio 34.3 cm; diámetro 68.6cm.

Altura: Interna 40.5 cm; externa 42.5 cm

Espesor: Suelo 2 cm; lados 1 cm

Sistema aireador por medio de bombas de aire, colocadas en cada tina

**Tabla 6** Función del sistema aireador.

<b>Sistema</b>	<b>Estructura</b>	<b>Finalidad</b>
Bomba de Aire	Funciona con energía eléctrica, este posee dos salidas, en cada salida se ha colocado una manguera que, llegan al interior de cada tina	Proporcionar dinamismo al cuerpo de agua.

**Elaborado por:** Córdova, J & Iza, A. (2020)

### 10.6. Incorporación de vetiver (*Vetiveria zizanoides*) al sistema

La especie vegetativa Vetiver (*Vetiveria Zizanoides*) se obtuvo del Cantón Ibarra, capital de la Provincia de Imbabura, fue trasplantada al vivero del Campus Salache en donde estuvieron adaptadas por dos meses, posteriormente fueron trasladadas a la matriz flotante, para su segunda adaptación en un medio hidropónico. Una vez colocado el vetiver en la estructura (IFA) se cubrió con una capa de fibra de coco con la finalidad de brindar sostén a la especie (ver anexo, figura 3).

Una vez concluido el sistema de la matriz flotante, se colocó cuatro macollos en cada matriz flotante. Una vez colocado el vetiver, se cubrió con una capa de fibra de coco, brindando sostén a la planta

Concluido el sistema de la matriz flotante, se colocó en las tinas con el agua tomada del punto 3 del canal de riego, con el respectivo sistema de aireación (ver anexo, figura 4).

### 10.7. Protocolo de muestreo (INEN 2169) LABIOTEC.

#### 10.7.1. Refrigeración de las muestras

Una vez recolectada la muestra inmediatamente se la refrigeró utilizando un cooler en el lugar del muestreo.

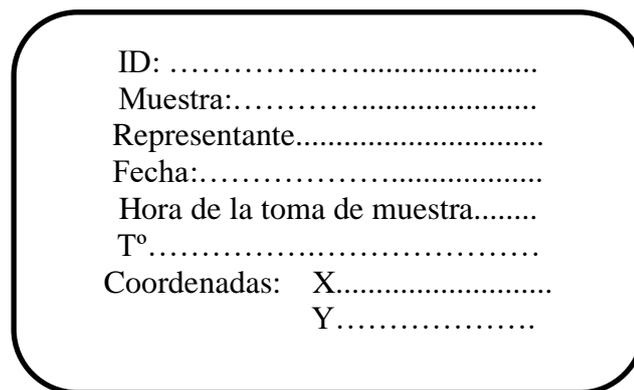
### 10.7.2. Transporte de las muestras

Las muestras fueron transportadas dentro de un ambiente seco y protegidas de la luz directa.

### 10.7.3. Etiquetado

El etiquetado se realizó in situ considerando todos los campos establecidos por el laboratorio para su respectivo análisis.

Figura 12 Etiqueta



ID: .....  
 Muestra: .....  
 Representante.....  
 Fecha:.....  
 Hora de la toma de muestra.....  
 T°.....  
 Coordenadas: X.....  
                   Y.....

Elaborado por: Córdova, J. & Iza, A. (2020)

### 10.8. Determinación del porcentaje de remoción.

A partir de los valores obtenidos (promedios), se determinará el porcentaje de remoción de cada contaminante, a través de la siguiente fórmula (fórmula1):

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

Dónde:

$\%R_N$  = Es el porcentaje de remoción del contaminante.

$C_0$  = Es el valor de concentración del parámetro inicial.

$C_1$  = Es el valor de concentración del parámetro final.

Para así determinar un modelo matemático que se ajuste a los datos obtenidos.

### 10.9. Correlación entre el crecimiento de la planta y los contaminantes.

Para determinar la correlación entre el crecimiento planta (raíz y el tallo) del vetiver (*vetiveria zizanioides*), y los contaminantes analizados, se utiliza la fórmula (fórmula 2).

$$P_{xy} = \frac{Cov_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}$$

Dónde:

$Cov(x;y)$ : Covarianza entre el valor “x” e “y”

$\sigma_x$ : Desviación típica de “x”

$\sigma_y$ : Desviación típica de “y”.

### **10.10. Modelo de regresión lineal simple.**

Se aplicó el modelo de regresión lineal simple, dónde se consideró los valores de los porcentajes de remoción de nitratos y fosfatos, de igual manera para los promedios de los muestreos realizados, de DBO5 y pH, en base al tiempo (días) de remoción. Para lo cual se realizó el modelo de regresión lineal simple en el análisis estadístico, en el programa RStudio (ver anexo 7)

## **11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

### **11.1.Desarrollo del vetiver (*vetiveria zizanioides*).**

#### **11.1.1. Etapa de adaptación y desarrollo**

Puesto que las plantas de Vetiver (*vetiveria zizanioides*), se obtuvieron mucho antes de lo previsto del cantón de Ibarra (Ecuador), estas al llegar en forma de macollos se requirieron ser trasplantadas al vivero Universidad Técnica de Cotopaxi (Salache), el 29 de mayo hasta el 28 de agosto (transcurriendo 30 días), siendo la primera adaptación de la planta, con un crecimiento promedio de la raíz de 12 centímetros (ver anexo, tabla 10).

La segunda adaptación se llevó al cabo cuando se las introdujo al sistema IFAs el día 28 de agosto, hasta el 30 de octubre (transcurriendo 63 días), adicionando fertilizante “Raiz 500” (15.0 % de nitrógeno, 40.0% de fosforo y 15% de nitrógeno amoniacal), 50 gramos en cada tina el 24 de octubre (7 días al antes del primer periodo), crecimiento radicular promedio de las tres tinas, de 26 centímetros, con la finalidad de mejorar el desarrollo y fortalecimiento de las raíces para la fase de adaptación.. (Ver anexo, tabla 11).

Para el desarrollo de la especie vegetativa, se tomó en cuenta desde el 30 de octubre hasta el 26 de diciembre del año 2019, con 29 centímetros del crecimiento radicular, observando de igual forma el desarrollo del crecimiento aéreo.

### 11.2.Crecimiento del Vetiver por tina.

En cada IFA se implantó 4 macollos, en cada tina se observó su comportamiento en función del tiempo.

La evaluación del crecimiento de la planta se realizó tanto para la parte aérea como para la parte radicular, considerando la especie de mayor tamaño de cada una de las islas flotantes (3 unidades). La toma de mediciones fue cada 21 días durante 3 meses.

Para la evolución radicular se consideró desde el cuello de la raíz hasta la punta más grande de la raíz, así mismo, para la parte aérea, desde el cuello de la raíz hasta la hoja más alta.

**Tabla 7** Crecimiento promedio del vetiver

Etapa	Fecha del muestreo	Periodo	Tallo	Raíz	Total	Sustrato agregado	Fecha de aplicación
Primer muestreo	30/10/19	15 días	65 cm	28.5 cm	93.5 cm	Fosfato monoamónico (14.44gr) urea (3.45gr) y Raíz 500 (50gr)	24-10-2019
Segundo muestreo	14/11/19		65.23 cm	28.8 cm	94.03 cm	N/A	N/A
Tercer muestreo	05/12/19	21 días	65.5 cm	29.0 cm	94.05 cm	Fosfato monoamónico (28.88 gr) y urea (6.9 gr)	28-11-2019
Cuarto muestreo	26/12/19		65.66 cm	29.3 cm	94.96 cm	N/A	N/A

Elaborado por: Córdova, J. & Iza, A. (2020)

De acuerdo a los resultados del promedio de la planta, (sumatoria de tallo y raíz), se observa que el mayor desarrollo fue la tina 2, y la que menor desarrollo en crecimiento (tallo y raíz) fue la tina 3, determinando que no todas las plantas tienen la misma dinámica (ver anexo, tablas 12).

El crecimiento de la planta, teniendo en cuenta el tallo, raíz y hojas (esquejes verdes), no se desarrollaron de la forma idónea ya que manifiestan (Cheng H., Yang X., Liu A., Fu H., Wan M., 2003) que la raíz tiene un crecimiento de 3.6 m en 12 meses y hasta 5 m de largo sin embargo (Truong, 1999) manifiesta que en el medio acuático es más lenta, determinando su afirmación, (ver tabla 13 y 14).

### 11.3. Porcentaje de remoción

Se evalúa el porcentaje de remoción de acuerdo a la relación del primer y segundo monitoreo por la adición de fosfatos ( $\text{PO}_4$ ) y de nitratos ( $\text{NO}_3$ ), determinando la remoción de los mismos.

Para determinar la remoción de los contaminantes (fosfatos y nitratos) y además ver el comportamiento del  $\text{DBO}_5$  y  $\text{pH}$ , se procedió a la realización de los promedios para posteriormente realizar los cálculos correspondientes.

Puesto que se adicionó el doble de contaminantes una semana previa la evaluación del tercer monitoreo, se evalúa el porcentaje de remoción de acuerdo a la relación del tercer y cuarto monitoreo determinando la cantidad de remoción

**Tabla 8** Promedios de los parámetros evaluados

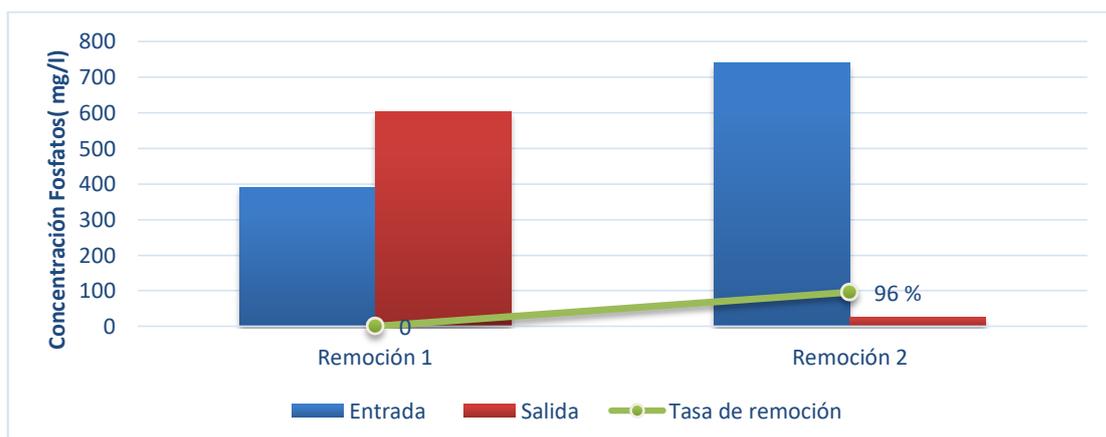
Muestreo	$\text{DBO}_5$	$\text{PO}_4$	$\text{NO}_3$	$\text{pH}$
1	13,4	390,2	279,3	6,9
2	16,7	603,5	365,0	5,5
3	11,0	738,9	407,8	5,7
4	14,2	26,1	390,0	5,7

Elaborado por: Córdova, J. & Iza, A. (2020)

#### 11.3.1. Remoción de Fosfatos

Se visualiza una remoción positiva, con un porcentaje del 96% para la remoción 2 (del tercer al cuarto monitoreo), sin embargo, para la remoción 1 (del primer y segundo monitoreo) no existió remoción. (Ver anexo, tabla 15)

**Gráfico 1** Remoción de fosfatos

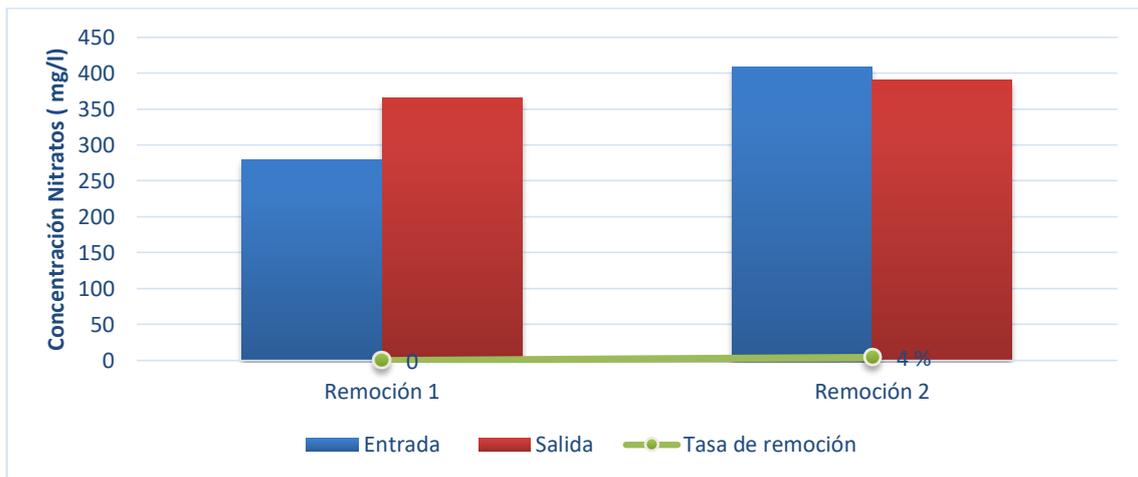


Elaborado por: Córdova, J. & Iza, A. (2020)

### 11.3.2. Remoción de nitratos

A partir de la ecuación de remoción, se visualiza una remoción positiva, con un porcentaje del 4% para la remoción 2 (del tercer al cuarto monitoreo), sin embargo, para la remoción 1 (del primer y segundo monitoreo) no existió remoción por la proliferación de algas, debido al proceso de eutrofización. (Ver anexo, tabla 16)

**Gráfico 2** Remoción de nitratos



**Elaborado por:** Córdova, J. & Iza, A. (2020)

La especie vetiver se identifica por tolerar altos niveles de nitratos, fosfatos, metales pesados, productos químicos agrícolas, etc. Por ello el Sistema vetiver se utiliza para el tratamiento de aguas contaminadas, fecales y/o residuales, también es un excelente remedio contra las aguas plagadas de micro-algas verde-azuladas (Rodríguez et. al, 2009).

En una investigación en donde se empleó el vetiver para aguas contaminadas, realizado por (Santana y Santos, 2016), se obtuvo 9.7 mg/L de fosfatos, lo cual está relacionado con la eutrofización, sin embargo en nuestra investigación existe cantidades alarmantes de 390 mg/l para el primer monitoreo y 603.5 para el segundo, determinando esta subida de fosfatos por la eutrofización, las bombas de oxigenación no funcionaron adecuadamente. En dicha situación, según (RAPAL, 2010), el ecosistema acuático donde su estado de equilibrio es alterado, reacciona, modificando su funcionamiento, acelerando procesos indeseables.

En una investigación realizada por (Goykoviv Cortés & Ugalde Smolez, 2015), donde se evaluó el pasto Vetiver en diferentes lechos de agua, señala que después de 75 días el pasto Vetiver removió 17.44% de fosfatos. Sin embargo, en nuestra investigación el promedio de

remoción de fosfatos fue de 96%, superando resultados a varias investigaciones realizadas en diversos cuerpos de agua.

En ambas se observa remoción para el segundo periodo, tanto de nitratos y fosfatos, (Troung et al. 2009), mencionaba que Vetiver tiene una alta eficiencia en absorber nutrientes tales como nitrógeno y fosforo.

Para el tercer monitoreo existe una cantidad de fosfatos de 738.9 mg/l, hasta un disminución de 26.1 mg/l, obteniendo una remoción del 96% en el segundo periodo (segunda remoción), determinando el funcionamiento correcto de las IFAs con Vetiver, mediante un estudio realizado por (Troung & Thai, 2015)

Por otro lado, en una investigación realizada por (MONTANO & VARGAS, 2018), obtuvo una remoción en sus tratamiento del 38.82%, hasta del 93.13% de remoción, por lo que (Truong, P. Van, T. y Pinnars, E., 2009), demostraron que el vetiver en condiciones hidropónicas es capaz de bajar el nitrógeno total de 100 mgL<sup>-1</sup> a 6 mgL<sup>-1</sup> (94% de eficiencia). En la presente investigación se obtuvo un 4% de remoción, una cantidad mínima pero significativa para demostrar la eficacia del sistema para la remoción del mismo. Esta remoción no fue posible para el primer periodo (remoción1) puesto que el nitrógeno como el fosforo son dos nutrientes importantes para la productividad de plantas acuáticas, acelerando el proceso de eutrofización, por la oxigenación inadecuada.

En un ensayo con Vetiver en agua cruda (Ruiz, 2015), Menciona que también hubo crecimiento de micro ecosistemas de fitoplancton o algas que pudieran haber causado desequilibrio en los análisis principalmente en los niveles del fosforo.

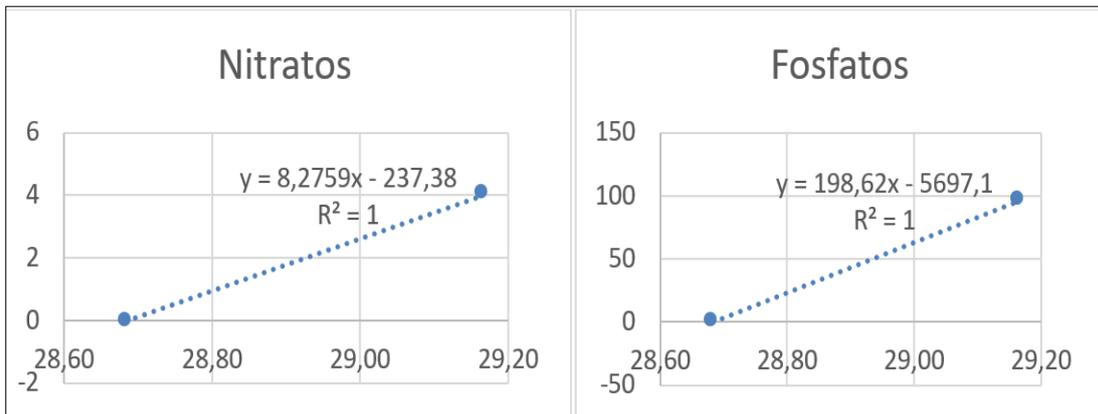
#### **11.4. Correlación entre el crecimiento de la planta con los parámetros analizados.**

Para la relación entre el crecimiento (radicular y aéreo) del vetiver (*Vetiveria zizanioides*) con la remoción de contaminantes de NO<sub>3</sub> y PO<sub>4</sub> y promedios de DBO<sub>5</sub> y pH, se determinó el coeficiente de correlación entre ellos a partir de la fórmula (2). (Ver anexo, tabla17).

##### **11.4.1. Correlación entre el crecimiento de la raíz y de los parámetros evaluados.**

Se determina un relación directa entre el crecimiento de la raíz con la remoción de nitratos y fosfatos; a medida que la planta vegetativa crece, la remoción de NO<sub>3</sub> y PO<sub>4</sub> también aumenta. (Ver anexo, tabla 18)

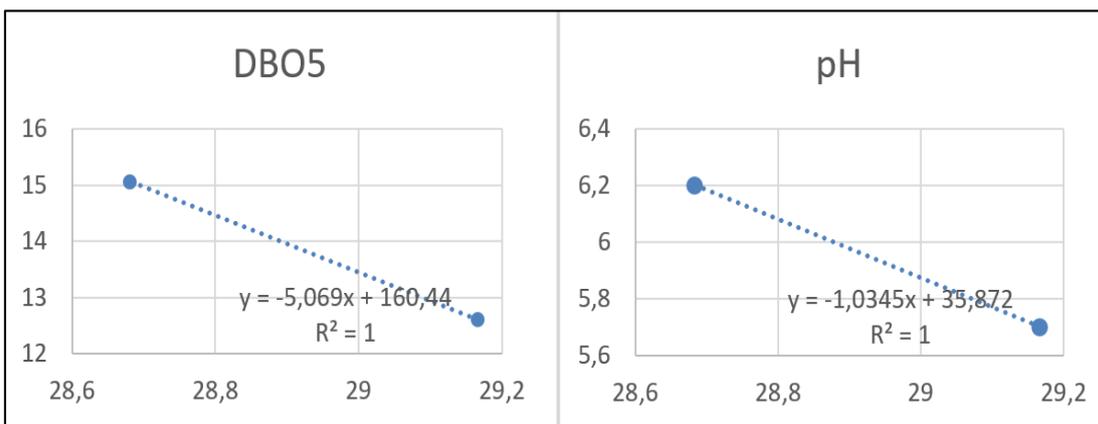
**Gráfico 3** Diagrama de dispersión en función del crecimiento (raíz) a) nitratos y b) fosfatos



Elaborado por: Córdova, J & Iza, A. (2020)

Existe una correlación inversamente proporcional respecto a los parámetros del DBO5 y el pH, puesto que a medida que crece la planta vegetativa, disminuye la concentración de dichos parámetros.

**Gráfico 4** Diagrama de dispersión en función del crecimiento (raíz) a) DBO5 y b) pH

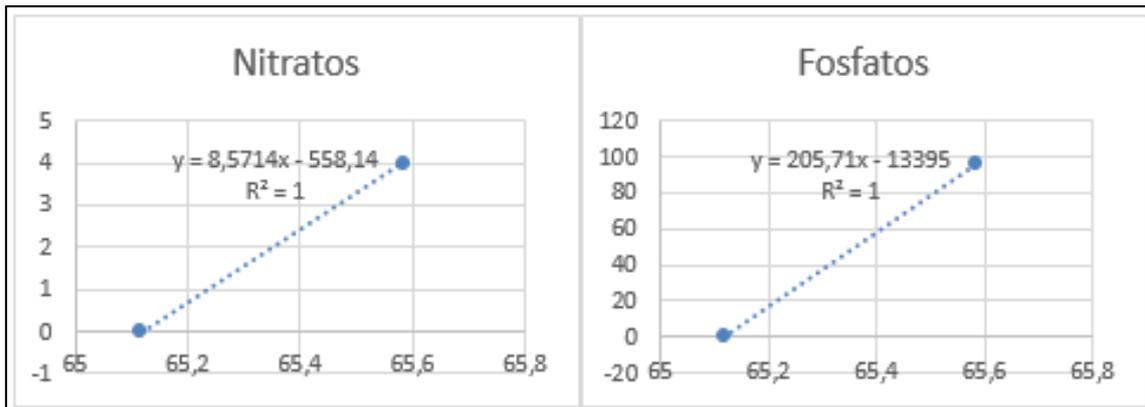


Elaborado por: Córdova, J. & Iza, A. (2020)

#### 11.4.2. Correlación entre el crecimiento aéreo y de los parámetros evaluados.

Se establece un relación directa entre el crecimiento aéreo con la remoción de nitratos y fosfatos; a medida que la planta vegetativa crece, la remoción de NO<sub>3</sub> y PO<sub>4</sub> también aumenta. (Ver anexo, tabla 19)

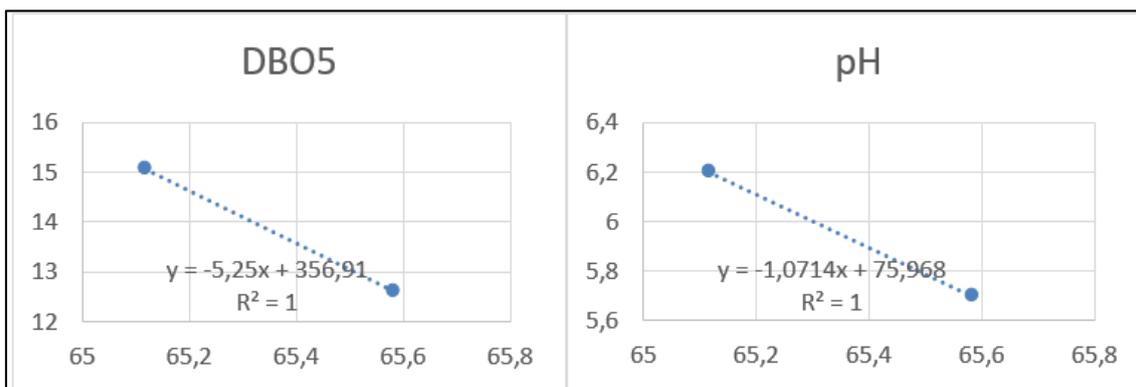
**Gráfico 5** Diagrama de dispersión en función del crecimiento aéreo a) nitratos y b) fosfatos



Elaborado por: Córdova, J. & Iza, A. (2020)

Existe una correlación inversamente proporcional respecto a los parámetros del DBO5 y el pH, puesto que a medida que crece la planta vegetativa en la parte aérea, disminuye la concentración de dichos parámetros.

**Gráfico 6** Diagrama de dispersión en función del crecimiento aéreo a) DBO5 y b) pH



Elaborado por: Córdova, J. & Iza, A. (2020)

Puesto que el vetiver es una planta que remueve contaminantes, tanto en relación con el tiempo y con su crecimiento, revelados en otros estudios, y confirmado en nuestra investigación, significa un sistema idóneo para tratar aguas con alto contenido de nitratos y fosfatos.

En la presente investigación se observó una relación con los parámetros del DBO5 y el pH, puesto que ambos disminuyen.

El vetiver crece en suelos franco arenosos a suelos arcillosos, de muy ácidos ligeramente alcalinos con un pH de 4-7,5, manifiesta (Alegre, 2007) por lo que en el medio hidropónico se observa una tendencia a la acidificación del agua en estudio.

Respecto al proceso de desnitrificación (el nitrato se reduce a formas gaseosas (N<sub>2</sub>O)), el proceso es más lento en condiciones ácidas, a un pH entre 5-6, menciona (Tousinnant et. al, 1999). Se observa que las tinas IFAs con vetiver, tienden a estar un medio acuático ácido, por lo que tiende a tener relación la remoción de los nitratos con el pH.

Manifiesta (ROMERO, 2010) que el valor del pH adecuado para diversos procesos de tratamiento y para la existencia de la mayoría de la vida biológica generalmente es de 4,5 a 8,5 obteniendo en nuestra presenta investigación un promedio de 6.2 para la primera remoción, reduciéndose a 5.7 en promedio para la segunda remoción. En la investigación de (MONTANO & VARGAS, 2018) mencionan que en un estudio realizado por Arcana et al. 2010, existe un impacto positivo en el pH usando pasto vetiver en un Sistema de Humedal Modular, por lo que, en la presentación de los autores, en seis de las nueve mediciones el pH se redujo en promedio de 0.1 a 0.2, corroborando así, la reducción del pH.

(Mongkon et. al, 2003); en su trabajo sobre el manejo primario de aguas residuales de una comunidad, utilizando dos tipos de pasto vetiver, determinó que el pasto vetiver tiene alto potencial en remediación de aguas residuales, ya que los valores de DBO<sub>5</sub> resultaron más bajos que los valores de DBO<sub>5</sub> del tratamiento control sin pasto vetiver, es decir que el vetiver para remover debe presentar un DBO<sub>5</sub> bajo, coincidiendo en nuestro estudio la disminución del DBO<sub>5</sub>; existe una remoción del 96% en fosfatos y 4% de nitratos con una disminución de 15.04 mg/l a 12.6 mg/l, respecto al DBO<sub>5</sub> (ver tabla 17).

#### **11.5. Determinación de dos modelos de regresión lineal para los contaminantes.**

Mediante la remoción de nitratos y fosfatos evaluados y, a partir de los promedios del DBO<sub>5</sub> y pH, se determinó mediante la utilización de Excel, la correlación respecto al tiempo (ver tabla 18.).

**Tabla 9** Remoción de NO<sub>3</sub> y PO<sub>4</sub> y, promedios del DBO<sub>5</sub> y pH.

Tiempo	Remoción %		Promedios	
	NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	pH
15	0	0	15,04	6,2
36	4	96	12,6	5,7

Elaborado por: Córdova, J. & Iza, A. (2020)

Se determina que el fosfato y el nitrato mantienen una relación respecto a la remoción en el tiempo y de igual forma, sin embargo, el DBO<sub>5</sub> y pH no lo hacen respecto al tiempo, no obstante, dichos parámetros si presentan correlación. Mediante el software RStudio, se verificó la correlación mencionada

#### 11.5.1. Ecuación lineal para nitratos y fosfatos.

Se determina la ecuación lineal para los contaminantes (nitratos y fosfatos), mismos que han sido removidos en función del tiempo, 15 días iniciales y 36 días al final (acumulativos), en donde el tiempo está determinado por la variable (t).

A través del programa RStudio se determinó la ecuación lineal, donde el tiempo está considerado por la variable (t) tanto para nitratos y fosfatos.

##### 11.5.1.1. Ecuación lineal para nitratos (Ecuación 1)

$$RNO_3 = 0.1905(t) - 2.8571$$

Se determinó que la remoción empezó en el día 16.

$$RNO_3 = 0.1905(15) - 2.8571$$

$$NO_3 = 0.0004$$

##### 11.5.1.2. Ecuación lineal para fosfatos (Ecuación 2)

$$RPO_4 = 4.571(t) - 68.571$$

Similar a la ecuación lineal para nitratos, en esta ocasión también se comienza a realizar el proceso de remoción de contaminantes después de 16 días, con un porcentaje de:

$$RPO_4 = 4.571 (16) - 68.571$$

$$PO_4 = 4.56 \%$$

La ecuación tanto para nitratos y fosfatos, solo son aptas para el periodo de desarrollo de la planta puesto que es evaluada en dicha etapa, sin embargo, esta ecuación será efectiva hasta que entre a la etapa de floración. El autor, (Truong & Thai, 2015), manifiesta que después de 4 meses de cultivo, el pasto Vetiver empezó a florecer en la semana 16, después de 112 días.

(MONTANO & VARGAS, 2018), en su investigación dentro de una planta de tratamiento, obtuvieron un porcentaje de remoción al Tratamiento (T1), de 0% de remoción, mismo acontecimiento ocurrido en nuestra presente investigación; a medida que la planta crecía, obtuvieron una remoción al T2 de 38.82%, al T·, un 74.86% y al T\$ un 93.13%, luego de 21 días en relación al nitrógeno. Nuestra investigación puesto que es a pequeña escala, el porcentaje de remoción es poco notorio. (Morales, 2013), señala que debido a los cambios de temperatura que se da en el ambiente, parte del nitrógeno se volatiliza como gas amoniacal y otra parte es consumida por los microorganismos presentes en el agua, teniendo muy en cuenta que dentro de un invernadero hay varias temperaturas que redondean desde 15°C a 30°, significando el porqué de la poca remoción.

De la misma forma que ocurre con los nitratos en la investigación de (MONTANO & VARGAS, 2018), existió una disminución de fosforo, contando con una cantidad inicial de 0.0326 mg/l y una final de 0.006mg/l, en 21 días de igual manera. En nuestra investigación, existió para el segundo periodo (remoción 2) una cantidad inicial de 738.9 mg/l que disminuyó a 26.1 mg/l, cantidades significativas en el transcurso del tiempo, para ser exacto en 21 días.

## 12. IMPACTOS

### 12.1.Social

Conocer cuán importante es mantener el agua libre de contaminantes es fundamental ya que si un cuerpo hídrico es empleado y descargado sin previo tratamiento, derivan distintos problemas perjudiciales para la salud de los seres vivos. Mediante el uso de las IFAs con vetiver en aguas contaminadas, se pudo determinar que estamos ante una alternativa eficiente para la remoción de contaminantes, misma que servirá para ser empleada para las distintas actividades.

### 12.2.Ambiental

Mediante el monitoreo del agua contaminada con el sistema de las Islas Flotantes Artificiales (IFAs) con Vetiver, se analizó que en los datos obtenidos ha existido una remoción de contaminantes, mismo que favorecerá a la contribución de mantener un ecosistema limpio, representando una alternativa en el tratamiento de aguas .

### 12.3.Económico

El sistema IFAs es una tecnología sustentable, amigable con el ambiente, eficiente y de bajo costo ya que no requiere de personal especializado para su manejo, ni consumo de energía (en ser el caso), no produce contaminantes secundarios por lo mismo no hay necesidad de lugares para desecho.

## 13. PRESUPUESTO

Tabla 10. Presupuesto

Recursos	Cantidad	Descripción	Valor unitario	Valor Total
Humanos	2	Personas	20	40
Materiales de escritorio	1	Libreta	1	1
	2	Resmas de papel	5	10
	4	Esferos	0.80	3.20
Materiales	2	Plástico de invernadero	60	120
	18	Palos	2.45	44.10
	2	Tubos PVC ()		
	4	Codos PVC ()		
	1	Malla sintética		
	4	Tinas plásticas	15	60
	4	Bombas de agua	16	64
Tecnológicos	2	Computadoras (2horas diarias)		
	1	Impresora	0.40	
	1	GPS		158.4
	1	Termómetro		
	1	Multiparámetros		
	1	Espectrofotómetro		
	1	Cámara fotográfica		
Laboratorio	12	Muestras de laboratorio	510.72	510.72
Otros		Adquisición Vetiver		40
			Subtotal	1051.42 \$
			10% Imprevistos	105.14 \$
			Total	1156.56 \$

Elaborador por: Córdova J. & Iza A. (2020)

## 14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 14.1. Conclusiones

En base a los resultados obtenidos del laboratorio y a los cálculos realizados, se determinó que la planta vetiver (*Vetiveria zizanioides*), remueve fosfatos en un 96% y, nitratos en un 4%, porcentaje casi notorio para nitratos, sin embargo, significativo, ya que cumple la especie vegetativa su función de remoción.

Mediante la correlación del crecimiento (parte radicular y aérea) del Vetiver (*vetiveria zizanioides*) en función con los parámetros evaluados, se estableció una relación positiva ante la remoción de nitratos y fosfatos, sin embargo, existió una relación inversamente proporcional ante DBO5 Y pH.

A partir del programa RStudio en conjunto con la base de datos, se generó dos ecuaciones de regresión lineal simple en función al porcentaje de remoción para nitratos y fosfatos, calculando que la remoción en nitratos comienza a los 15 días y para fosfatos a los 16 días, no obstante, dichas ecuaciones serán factibles solo serán válidas hasta su etapa de floración.

### 14.2. Recomendaciones

Conocer los contaminantes presentes del cuerpo de agua en estudio para determinar cuál de ellos afectan más a la población, con la finalidad de observar la remoción de los mismos y determinar su uso.

En próximas investigaciones, realizar análisis de otros parámetros presentes en los cuerpos hídricos, tales como: Coliformes fecales (E.coli), conductividad, turbidez, DQO, sólidos totales, entre otros, para analizar su comportamiento mediante la instalación del sistema de las islas flotantes artificiales (IFA), con vetiver (*Vetiveria zizanioides*).

Realizar un mayor número de muestreos para poder obtener resultados más confiables, aumentando el nivel de confianza y reduciendo errores.

En posteriores estudios en donde el agua se mantenga estancada, controlar el medio de oxigenación por tal de que no proliferen algas, evitado el proceso de eutrofización.

Para evaluar el contenido de fósforo y nitrógeno que absorbido el vetiver, realizar análisis químicos del tejido verde de la planta.

Una vez cumplida su función, el vetiver puede ser usado como abono de forma directa, puesto que ayuda al suelo a protegerse del sol radiante y a la retención del agua, evitando la erosión; en ocasiones el pasto vetiver, lo han empleado como materia prima en la elaboración de artesanías o a su vez como techados para casas, siendo una alternativa económica.

## 15. REFERENCIAS

1. Acuedo Ministerial 097. (04 de 11 de 2015). REFORMA TEXTO UNIFICADO LEGISLACION SECUNDARIA, MEDIO AMBIENTE, LIBRO VI, Decreto Ejecutivo 3516, Registro Oficial Suplemento 2, 31/03/2003. *NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES*. Ecuador: ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA.
2. Aguiar, M., & Castillo, Y. (2019). *ISLAS FLOTAANTES ARTIFICIALES CON LA ESPECIE ACHIRA(CANNA INDICA) COMO ALTERNATIVA PARA LA REMOCIÓN DE CROMO Y COLIFORMES FECALES EN AGUA PROCEDENTE DEL RIO CUTUCHI*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.
3. Alegre. (2007). *Manual sobre el uso y manejo de pasto vetiver Chrosopogon zizaioides*. Organización Panamericana de la Salud OMS. Lima, Peru. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/miscela/manualvemanualvetiver.pdf> (consultado el 10 de agosto 2011).
4. Alegre O., J. (2007). *Manual sobre el uso y manejo de pasto vetiver (Chrosopogon zizaioides)*. Organización Panamericana de la Salud. Lima, Perú: <http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/miscela/manualvetiver.pdf> (consultado el 10 de agosto 2011).
5. Altamirano, A. G. (2011). Efecto del tiempo de hidroiinmersion en el crecimiento y desarrollode esquejes de "VETIVER" chrysopogonzizanioides L. en sistema

- aeropónico. *TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO AGRÓNOMO*. TRUJILLO, PERU: UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO.
6. Antonio, J.S.P. (2011). *Puesta en Marcha de un reactor aerobio de lecho fluidizado para la.lulu.com*.
  7. Arnold G. van der Valk. (2012). The biology of freshwater wetlands. *Biology of habitats*. Second Edition ed. Oxford University Press.
  8. ASPRILLA, S. (2013). *DESARROLLO DE UN PROTOCOLO PARA LA RIZOFILTRACIÓN DE EFLUENTES CONTAMINADOS CON MERCURIO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE FILTROS VEGETALES CON LA ESPECIE VETIVER (Vetiveria zizainodes)*. UNIVERSIDAD DE MANIZALES.
  9. AyA. (2015). *Programa Nacional de Manejo Adecuado de las Aguas Residuales Costa Rica*. Formato PDF. Disponible en <http://www.bvs.sa.cr>: CR. p 41-42. Consultado, 14 de julio 2015.
  10. Barbara, L. (14 de 07 de 2015). Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición: pH. Santiago de Cali,, Colombia: p.41-42.
  11. Bermeo, E., & Tigse, W. (2018). *"Islas Flotantes Artificiales con achira(Canna indica), como alternativa para la remoción de nitratos y fosfatos en aguas procedentes del rio cutuchi*. REPOSITORIO-UTC-13M\_SYfrbldBHn-9mEFz-\_F6YcPWUPm-W: Universidad Técnica de Cotopaxi.
  12. Binti, A. A. (2010). Performance of constructed wetlands using *Vetiveria zizaniodes* for sewage treatment. Malaysia.: Faculty of Civil Engineering, Universiti Teknologi.
  13. C. C. Tanner and T. R. Headley,. (2011). *Components of floating emergent acrophyte treatment wetlands influencing removal os stormwater pollutants*. Ecol.Eng, vol 37, no3, pp 474-486,.

14. Camargo, J.A., & Alonso, A. (2007). *Contaminación por nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos: problemas medioambientales, criterios de la calidad del agua, e implicaciones del cambio climático*, 13.
15. Castró, M. (2003). Tratamiento de aguas industriales. Depuración biológica de las aguas residuales,. España: Ed. Fundación Universitaria Iberoamericana –Universidad de Catalunya, Barcelona.
16. Cheng H., Yang X., Liu A., Fu H., Wan M. (6-9 de October de 2003). A study on the performance and mechanism of soil-reinforcement by herb root system. *The Third International Conference*. Guangzhou, China.
17. CONAGUA. (2011). Estadísticas del agua en México,. D.F, Mexico: SEMARNAT.
18. CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR. (2008). CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR. Decreto Legislativo 0 Registro Oficial 449 de 20-oct-2008 Ultima modificación: 13-jul-2011 Estado: Vigente.
19. Crites R., Tchobanoglous G. (2000). *Sistemas de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados*,. Santafé de Bogota.: Mc. Graw Hill,.
20. Delgadillo et. al. (2011). Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and Subtropical Agroecosistemas*, Vol.14. p 597-612.
21. Delgadillo et. al. (2010). Depuración de Aguas Residuales por Medio de Humedales Artificiales, . Bolivia: Centro AGUA.
22. Escolástico, et al. (2015). Medio Ambiente y espacios verdes. Madrid, España: Univesidad Nacional de Educación a Distancia.
23. Escuela de Organización Industrial, E. (2013). *mercados potenciales de tecnologías de biorremediación con Vetiver*. Madrid: Esta publicación ha contado con la cofinanciación del Fondo Social Europeo a través del Programa Operativo Plurirregional de Adaptabilidad y Empleo.

24. Fonseca, K., Clairand, M., & Espita, E. (2017). *ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES: UNA ALTERNATIVA ECOTECNOLÓGICA PARA LA RESTAURACIÓN Y REMEDIACIÓN DE AGUAS CONTAMINADAS.* .
25. G. D. Stefani, D. Tocchetto, M. Salvato, and M. Borin,. (Oct. 2011). *Performance of a floating treatment wetland for in-stream water amelioration.* NE Italy: Hydrobiologia, vol. 674, no. 1, pp. 157–167,.
26. GCEC. (2016). *Islas Flotantes Colibrí Depuración de aguas residuales.* <http://www.globalcolibri.com/es/islasflota>: Global Colibri Engineering and Consulting.
27. Google. (2020). Google maps. CNES. Airbus, Maxar Technologies, Datos del mapa 2020.
28. Grajera, G. (2009). *Study of Chrysopogon Zizanioides ability to decontaminate irrigation water in Southwest Spain.*, España: Geophysical Research Abstracts, Vol. 11, EGU2009-14064-1,.
29. Grimshaw, D. (2008). The Vetiver Network International. *Diti Hengchaovanich, Ingeniero Geotécnico, El fue pionero en el uso de vetiver a gran escala para.* 2da Edición 2008 Publicado por The Vetiver Network International.
30. Guerrero, M & Schifter, I. (2011). *La huella del agua.* México D.F. MX. p 26.: La Ciencia para todos. Primera edición.
31. Gutierrez. (2010). *La contaminación del río Cutuchi.* Loja: Universidad Técnica Particular de Loja.
32. Herrera & Sumba. (2019). *ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES CON VETIVER COMO ALTERNATIVA PARA LA REMOCIÓN DE NITRATOS, FOSFATOS Y PLOMO EN AGUAS PROCEDENTES DEL RÍO CUTUCHI.* LATACUNGA: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.

33. Hubbard, R. K. (2010). *“Floating Vegetated Mats for Improving Surface Water Quality.* Emerging Environmental Technologies, Volume II , Springer, Dordrecht, 2010, pp. 211-244.
34. J. Martelo, L. Borrero, and J. A. (2012). *Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte.*
35. Kamble, R. and Patil, D.,. (2012). *“Artificial floating island: solution to river water pollution in India. Case study: rivers in Pune City.,”*. presented at the International Conference on Environmental Biomedical and Biotechnology IPCBEE, 2012, vol. 41.,.
36. Lara, J. (2019). *Depuración de aguas residuales municipales con humedales artificiales (Instituto Catalán de Tecnología).* . Recuperado de <https://www.ecohabitar.org/wp-content/uploads/2015/09/humedales-artificiales.pdf>.
37. Liao et. al. (s.f.). Studies on the abilities of *Vetiveria zizanioides* and *Cyperus alternifolius* for pig farm wastewater treatment. *pp. 186-193.* China: Tercera conferencia internacional y exhibición. Vetiver y agua. Guangzhou República Popular.
38. Martelo & Borrero. (2012). *Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte.*
39. Mongkon et. al. (2003). *Vetiver grass research: Primary management of wastewater from community.* Tercera conferencia internacional y exhibición. Vetiver y agua. Guangzhou, República Popular China. p 128-139.
40. MONTANO & VARGAS. (2018). Fitodepuración de las propiedades físico-químicas y microbiológicas de las aguas residuales con pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) de la planta de Tratamiento de San Luis Talpa, La Paz. Universidad de el Salvador, Facultad de Ciencias agronómicas.
41. Morales, D. P. (2013). *nitrogeno y la volatilización.* Santa Cruz.

42. Naulchavee. (2007). *Vetiver para la fitoremediación en Tailandia*. Facultad de Ciencias, Universidad Kasersar, Bangkok, Tailandia: Departamento de Radiación Aplicada e isótopos,.
43. OEFA, O. d. (2015). *Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales (En línea)*. PE. p 2-3. Consultado, 14 de julio. 2015. Formato: Disponible en <https://www.oefa.gob.pe>.
44. Orihuea, J. (2007). Manual sobre el uso y manejo del pasto vetiver (Chrysopogon zizanioides) (En línea). PERU: Consultado, 15 de jul. 2015. Formato PDF. Disponible en [www.vetiver.com](http://www.vetiver.com).
45. PNUMA, P. d. (2012). *Aguas saludables para el desarrollo sostenible*:. Estrategia operativa del PNUMA para el agua dulce (2012-2016).
46. R. K. Hubbard. (2010). *Floating Vegetated Mats for Improving Surface Water Quality*,”. Emerging Environmental Technologies. Volume II , Springer, Dordrecht, 2010, pp. 211–244.
47. RAPAL. (2010). Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina). *Contaminación y eutrofización del agua: Impactos del modelo de agricultura industrial*. Montevideo, UR. p 14. (En línea). Consultado, 08 junio del 2016. Formato PDF. Disponible en <http://www.rapaluruaguay.org/>.
48. Rocha, E. (16 de 07 de 2015). Ingeniería de tratamiento y acondicionamiento de aguas. MEXICO: Universidad Autónoma de Chihuahua.
49. ROCHA, E. (16 de 07 de 2015). Ingeniería de tratamiento y acondicionamiento de aguas. MX, Universidad Autónoma de Chihuahua., MEXICO: Disponible en <http://www.oocities.org/>.
50. Rodríguez et. al. (2009). Use of Vetiver for the fitoremediation of chromiun in residual sludges in a tennery. Recuperado el 23 de julio de 2017 de: <http://www.revista.cba.uady.mx/ojs/indez.php/TSA/article/view/814/565>.

51. ROMERO. (2010). *Tratamiento de aguas residuales, teoría y principios de diseño*. o.3° ed. Colombia: Escuela colombiana de ingeniería, 2010. 13 - 23 pp. ISBN 958-8060.
52. Salazar, J. L. (2015). MAGISTER EN CIENCIAS DE AGROECOLOGIA. *OPTIMIZACION DE LA FITORREMEDIACIÓN DE MERCURIO EN HUMEDALES*. Tingo Maria, Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA.
53. Sánchez & Millares. (2011). Depuración de aguas residuales de una población mediante humedales artificiales,. Barcelona, Universidad Politécnica de Catalunya: Departamento de Ingeniería Química.
54. Sánchez, M., & Rodriguez, J . (2008). *Fundamentos y aspectos microbiológicos*. Oviedo.
55. Santana y Santos. (06 de 2016). Tesis previa a la obtención del título de ingeniería en medio ambiente. *Eficacia del pasto vetiver en la remoción de contaminantes orgánicos, caso de estudio, riu muerto, cantón manta*. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.
56. TACO. (2000).
57. Tousinnant et. al. (1999). Guidance manual for the design, construction and operations of constructed wetlands for rural applications in ontario,. By Stantec Consulting Ltd, R&TT, Alfred College (University of Guelph) South Nation Conservation.
58. Troung & Thai. (2015). PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS. La margarita. Segunda Edición.
59. Truong, P. (1999). Vetiver Grass Technology for Mine Rehabilitation. *Pacific Rim Vetiver Network Technical Bulletin N° 2. Vetiver Conf. TH. (En línea)*. Consultado, 21 de julio del 2015. Formato HTML. Disponible en <http://www.vetiver.com/>.

60. Truong, P. Van, T. y Pinners, E. (2009). Aplicaciones del Sistema Vetiver-Manual Técnico de Referencia. Edición en español. The Vetiver Network International. EEUU. 96p.
61. Truong, P., Van, T. T., Pinners. (2008). The Vetiver System for Improving Water Quality: the Prevention and Treatment Of Contaminated Water and Land. Published by The Vetiver Network International.
62. TULSMA. (2003). (*Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente*). 2003. Libro VI. Título VII. Anexo 1. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua. Ministerio del Ecuador.
63. UNEP. (2016). *Snapshot of the World's*.
64. UNESCO. (2003). *Informe de la Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo*. Formato PDF. Disponible en <http://unesdoc.unesco.org/>: Consultado, 19 nov. 2015.
65. UNESCO. (2015). *Segundo Informe de la Naciones Unidas sobre agua para un mundo sustentable*. Formato PDF. Disponible en <http://unesdoc.unesco.org/>: Consultado, 20 nov. 2015.
66. Vargas, J. D. (17 de 05 de 2016). PROPUESTA METODOLÓGICA PARA REDUCIR LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES( PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>,NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, EN BIOENSAYOS A LA INTERPERIE CON SPIRODELA POLYRHIZA. CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIA APLICADA Y TECNOLOGÍA AVANZADA, UNIDAD ALTAMIRA: INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL.
67. Vitousek, P., Mooney, H., Lubchenco, J. & Melillo, J. (1997). *Human Domination of Earth's Ecosystems*. Science, New Series, Vol. 277 (No. 5325), 494-499.

68. Wagner S., Truong P., Vieritz A. (2003). *Response of Vetiver grass to extreme nitrogen and phosphorus supply. The Third International Conference on Vetiver*. Guangzhou, China.
69. Wang, L. (2010). *Environmental bioengineering*. New York, N.Y: Humana Press.
70. Wildschut. (15 de 07 de 2015). Mercados potenciales de tecnologías de biorremediación con vetiver. Madrid, España: Disponible en <http://www.eoi.es>.
71. Xia et. al. (2003 de 11 de 6-9). A preliminary Report on Tolerance of Vetiver to Submergence. Guangzhou, China: The Third International Conference on Vetiver.
72. Yáñez, E., & Vásquez, R. (2015). *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: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstrwam/27000/2768/1/T-UTC-00305.pdf>.

## 16. ANEXOS

### Anexo 1 Elaboración de la fibra de coco



Elaborado por: Córdova, J & Iza, A. (2020)

### Anexo 2 Aplicación del sustrato (fibra de coco)



Elaborado por: Córdova, J & Iza, A. (2020)

### Anexo 3 Primera y segunda adaptación



Elaborado por: Córdova, J & Iza, A. (2020)

**Anexo 4** Colocación de la matriz flotante en las respectivas tinas.



**Elaborado por:** Córdova, J & Iza, A. (2020)

**Anexo 5** Crecimiento del vetiver



**Elaborado por:** Córdova, J & Iza, A. (2020)

**Anexo 6** Tablas

**Tabla 11** Etapas del Vetiver

<b>Etapa</b>	<b>Fecha inicial</b>	<b>Fecha final</b>	<b>Periodo</b>	<b>Crecimiento promedio (raíz)</b>	<b>Sustrato agregado</b>	<b>Fecha de aplicación</b>
Adaptación <sub>0</sub>	29-05-2019	28-08-2019	30 días	12 cm	-	-
Adaptación <sub>1</sub>	28-08-2019	30-10-2019	63 días	26 cm	Raiz 500 Grado 15-40-10	24-10-2019
Desarrollo	30-10-2019	26-12-2019	28 días	29 cm	N/A	N/A

**Elaborado por:** Córdova, J & Iza, A. (2020)

**Tabla 12** Resultados de los monitoreo del canal de riego del rio Cutuchi

Punto	Coordenadas Universal Transversal de Mercator-WGS 84, Zona 17S		Parámetros			
	X	Y	DBO5 (mg/l)	PO2 (mg/l)	NO3 (mg/l)	pH
1	764468	9889548	4,02	1,32	3	7,5
2	764466	9889549	3,37	1,4	2,96	7,5
3	764464	9889550	4,32	1,67	2,48	7,5

Fuente: (LABIOTEC, 2019)

Elaborado por: Córdova, J &amp; Iza, A. (2020)

**Tabla 13** Crecimiento de Vetiver en cada IFA.

Día de medición	IFAs con Vetiver	Tallo (cm)	Raíz (cm)	Esquejes	Total (cm)
30/10/2019	Tina 1	65,7 cm	26,9 cm	23	92,6
	Tina 2	67,8 cm	30,9 cm	32	98,7
	Tina 3	61,5 cm	27,7 cm	27	89,2
14/11/2019	Tina 1	66 cm	27,1 cm	23	93,1
	Tina 2	68 cm	31,5 cm	32	99,5
	Tina 3	61,7 cm	28 cm	27	89,7
5/12/2019	Tina 1	66,3 cm	27,2 cm	23	93,5
	Tina 2	68,3 cm	31,7 cm	32	100
	Tina 3	61,9 cm	28,2 cm	27	90,1
26/12/2019	Tina 1	66,5 cm	27,5 cm	21	94
	Tina 2	68,6 cm	31,9 cm	32	100,5
	Tina 3	61,9 cm	28,5 cm	25	90,4

Elaborado por: Córdova, J &amp; Iza, A. (2020)

**Tabla 14** Crecimiento promedio de tallo y raíz.

	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4	Promedio (cm)
Tina 1	92,6	93,1	93,5	94	93,3
Tina 2	98,7	99,5	100	100,5	99,675
Tina 3	89,2	89,7	90,1	90,4	89,85

Elaborado por: Córdova, J &amp; Iza, A. (2020)

**Tabla 15** Resultados de los monitoreos

Fecha del muestreo	IFAs con Vetiver	DBO <sub>5</sub>	PO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	pH	Volume n	Evap
30/10/2019	Tina 1	22,7	451,75	280,25	6	110 lt	12.13
	Tina 2	17,33	272,75	69,15	7,2	110 lt	12.13
	Tina 3	0,05	446	488,5	7,4	105 lt	12.13
14/11/2019	Tina 1	21,5	670	338	5,6	97.37 lt	13.87
	Tina 2	14,5	489,5	276,25	5,5	97.37 lt	13.81
	Tina 3	14,2	651	480,75	5,5	97.37 lt	13.87
28/11/2019	Tina 1,2 y 3	Se añadió 26 lts a cada tina y doble de contaminantes					
5/12/2019	Tina 1	8,8	780,2	496,25	6	109 lt	18.92
	Tina 2	17,36	624,6	313,75	5,8	109 lt	18.92
	Tina 3	6,92	812	413,25	5,4	109 lt	18.92
26/12/2019	Tina 1	15,9	24,2	501,75	5,6	90.08 lt	18.92
	Tina 2	11,1	28	219,3	5,9	90.08 lt	18.92
	Tina 3	15,6	26	449	5,7	90.08 lt	18.92

Elaborado por: Córdova, J & Iza, A, (2020)

**Tabla 16** Remoción de fosfatos

Remoción de fosfatos	Input Concentración	Output Concentración	Removal rate/remoción
	( mg/l)	( mg/l)	%
Remoción 1	390,2	603,5	0
Remoción 2	738,9	26,1	96

Elaborado por: Córdova, J & Iza, A, (2020)

**Tabla 17** Remoción de nitratos

Remoción de nitratos	Entrada Concentración	Salida Concentración	Removal rate/remoción
	( mg/l)	( mg/l)	%
Remoción 1	279.3	365.0	0
Remoción 2	407.8	390.0	4

Elaborado por: Córdova, J & Iza, A, (2020)

**Tabla 18** Remoción de NO<sub>3</sub> y PO<sub>4</sub> y, promedios del DBO<sub>5</sub> y pH.

Tiempo	Remoción		Promedios	
	NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>	DBO <sub>5</sub>	pH
15	0	0	15,04	6,2
36	4	96	12,6	5,7

Elaborado por: Córdova, J & Iza, A, (2020)

**Tabla 19** Correlación entre el crecimiento de la raíz y de los parámetros evaluados.

	Crecimiento Raíz	Nitratos	Fosfatos	DBO <sub>5</sub>	pH
Crecimiento Raíz	1				
Nitratos	1	1			
Fosfatos	1	1	1		
DBO <sub>5</sub>	-1	-1	-1	1	
pH	-1	-1	-1	1	1

Elaborado por: Córdova, J & Iza, A, (2020)

**Tabla 20** Correlación entre el crecimiento del tallo y de los parámetros evaluados.

	Tallo	DBO <sub>5</sub>	Fosfatos	DBO <sub>5</sub>	pH
Tallo	1				
DBO <sub>5</sub>	1	1			
Fosfatos	1	1	1		
DBO <sub>5</sub>	-1	-1	-1	1	
pH	-1	-1	-1	1	1

Elaborado por: Córdova, J & Iza, A, (2020)

## Anexo 7 Códigos del modelo matemático

```
t <- c(15, 36)
DemandaB <- c(15.04, 12.6)
Nitratos <- c(0, 4)
Fosfatos <- c(0, 96)
PotencialH <- c(6.2, 5.7)
df3 <- data.frame(t, Nitratos, Fosfatos, DemandaB, PotencialH)
df3
m2 <- matrix(c(t, Nitratos, Fosfatos, DemandaB, PotencialH), nrow =2, ncol =5)
m2
colnames(m2) <- c("Tiempo", "Nitratos", "Fosfatos", "DBO5", "pH")
rownames(m2) <- c("1", "2")
m2
cor(m2)
modelo3 <- lm(Nitratos~t, data=df3)
summary(modelo3)
modelo4 <- lm(Fosfatos~t, data=df3)
summary(modelo4)
```

**Anexo 8** Hoja de vida del docente tutor**HOJA DE VIDA****Datos Personales Ilbay Yupa**

Nombres: Mercy Lucila

Estado Civil: Casado

Cédula de ciudadanía: 0604147900

Número de cargas familiares: 1

Lugar y fecha de nacimiento: Archidona, 30 de Octubre 1983

Dirección domiciliaria: Hermana Paez y Quijano y Ordoñez

Teléfono Convencional:

Teléfono Celular: 0987533861

Email institucional: [mercy.ilbay@utc.edu.ec](mailto:mercy.ilbay@utc.edu.ec)

Tipo de discapacidad: Ninguna

Carnet de conadis: No

**ESTUDIOS REALIZADOS Y TÍTULOS OBTENIDOS**

<b>NIVEL</b>	<b>TÍTULO OBTENIDO</b>	<b>FECHA DE REGISTRO EN EL CONESUP</b>	<b>CÓDIGO DEL REGISTRO CONESUP</b>
<b>TERCER</b>	Ingeniera Agrónoma	2011-05-20	1018-15-86064242
<b>CUARTO</b>	Magister en Riego y Drenaje Cand. Doctoris Philosophi en Recursos Hídricos	2015-07-14	1018-15-86064242

**HISTORIAL PROFESIONAL****Docente**

<b>Nº</b>	<b>CURSOS - MATERIAS</b>	<b>INSTITUCIÓN</b>	<b>DE MES-AÑO</b>	<b>A MES - AÑO</b>
1	Hidrología Manejo de Integrado de Recursos Hídricos Riego y drenaje Diseño Experimental	UTC-CAREM- Ingeniería de Medio Ambiente y Agronómica	Junio 2017	Presente fecha

## Profesional

N°	EMPRESA-INSTITUCIÓN	POSICIÓN	DE MES-AÑO	A MES-AÑO
1	MAGAP-DR2RD	Analista de Riego y drenaje	11/2016	06/2017
2	SENAGUA	Analista de Estudios y Proyectos de Riego y Drenaje	3/2015	08/2015
3	GOBIERNO AUTÓNOMO DE LA PROVINCIA CHIMBORAZO	Técnica especialista de Hidrología-Riego	04/2011	12/2013
4	INIAP/Programa Nacional de Fruticultura	Técnica	03/2010	02/2011

## Consultoría en general

N°	NOMBRE DEL PROYECTO	INSTITUCIÓN	AÑO
1	"Estudio Hidrológico de la cuenca alta del Río Guaya, para el sistema de riego del directorio de aguas de la comunidad la Moya - parroquia Guasuntos- cantón Alausí-provincia de Chimborazo"	GAD de Chimborazo	2016
2	Estudio Hidrológico del Sistema de Riego Chambo-Guano	Junta General De Usuarios Del Sistema De Riego Chambo-Guano- Chimborazo	2012
3	Economía agraria con la capacitación especializada en análisis de rentabilidad agropecuaria	H. Gobierno Provincial de Tungurahua	2012

  
-----  
**FIRMA**

**Anexo 9** Hoja de vida del estudiante investigador 1**HOJA DE VIDA**

Datos Personales: Iza Campaña

Nombres: Alisson Estefanía

Estado Civil: Soltera

Cédula de ciudadanía: 172076691-2

Número de cargas familiares: 0

Lugar y fecha de nacimiento: Quito, 10 de mayo de 1995

Dirección domiciliaria: Loma de puengasí, Quito.

Teléfono Convencional:

Teléfono Celular: 0987358370

Carnet de conducir: Tipo C.

Email institucional: alisson10595@gmail.com

Tipo de discapacidad: Ninguna

Carnet de conadis: No

**ESTUDIOS REALIZADOS**

<b>NIVEL</b>	<b>UNIDAD EDUCATIVA</b>
<b>PRIMARIO</b>	C.P MIQUEL CAPLLONCH
<b>SECUNDARIO</b>	IES GUILLEM CIFRE DE COLONYA
<b>SUPERIOR</b>	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

**IDIOMAS**

<b>IDIOMA</b>	<b>NIVEL</b>
<b>CASTELLANO</b>	NATIVO
<b>CATALÁN</b>	C1
<b>INGLÉS</b>	B1
<b>FRANCÉS</b>	A1

## CAPACITACIONES

- **Certificado del congreso internacional de medio ambiente y recursos naturales (CECATERE)**

2017-02-03 “UN NUEVO RETO PAA LA CONSERVACIÓN AMBIENTAL” (40 HORAS).

- **Certificado otorgado por el MAE Cotopaxi “ILITIO CENTRO DE RESCATE”**

2018-03-01 PROYECTO, INVESTIGACIÓN, ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL CÓNDROR ANDINO Y EL OSO DE ENTEOJOS EN EL ECUADOR.

- **Certificado otorgado por la Universidad Técnica de Cotopaxi**

2018-03-22 Los recursos hídricos en la provincia de Cotopaxi.

- **Certificado otorgado por la Universidad Técnica de Cotopaxi**

2018-04-12 “Manejo de instrumentación ambiental” (40 horas)

- **Certificaciones Gobierno Autónomo Descentralizado Provincia de Cotopaxi:**

### **DIRECCIÓN DE AMBIENTE**

2018-11-21 MODULO 1 PROBLEMAS AMBIENTALES

MODULO 2 CAMBIO CLIMATICO

MODULO 3 GUIA DE BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES

- **Certificado otorgado por la Universidad Técnica de Cotopaxi**

2019-01-23 I Congreso Binacional Ecuador – Perú “AGROPECUARIA, MEDIO AMBIENTE Y TURISMO 2019”

- **Certificado de pasantías en el H. Gobierno Provincial de Tungurahua.”**

2019-05-01 Elaboraciones de informes ambientales de cumplimientos y revisiones de auditorías ambientales (640 horas).

- **Certificado de ponente en la II Jornada de Difusión de la Investigación Ambiental (UTC)**

2020-02-05 Evaluación de la remoción de contaminación del sistema de islas flotantes artificiales (IFA) con vetiver (vetiveria zizanioides) a través de un modelo matemático, periodo 2019 - 2020. (40 horas)

Anexo 10 Hoja de vida del estudiante investigador 2

**HOJA DE VIDA**

**Datos personales**

**Nombres:** Jessica SOLEDAD  
**Apellidos:** Córdova Caizachine  
**Estado civil:** Soltera  
**Cédula de ciudadanía:** 1805465422  
**Número de cargas familiares:** 0  
**Lugar y Fecha de nacimiento:** Ambato, 7 de febrero de 1996  
**Dirección domiciliaria:** Cunchibamba el centro  
**Teléfono celular:** 0992962753  
**Tipo de discapacidad:** Ninguna  
**Email institucional:** cordova.jessica5422@utc.edu.ec



**Instrucción Formal**

- **INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE- UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**
- **BACHILLERATO EN CIENCIAS - UNIDAD EDUCATIVA “DARIO GUEVARA”**

**Experiencia Laboral**

**PASANTE EN EL MINISTERIO DE TRASPORTE Y OBRAS PÚBLICAS ZONAL 3**

**Idioma**

**INGLÉS**

NIVEL HABLADO: INTERMEDIO

NIVEL ESCRITO: INTERMEDIO

**Capacitación**

- **SEMINARIO “CAPACITACIÓN EN CALIDAD AMBIENTAL”**

(40 horas) DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL

INGENIERÍA/TÉCNICO

- **PASANTÍA MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS ZONAL 3**

(640 horas) INGENIERÍA/TÉCNICO

- **Certificaciones Gobierno Autónomo Descentralizado Provincia de Cotopaxi:**

**DIRECCIÓN DE AMBIENTE**

2018-11-21

**MODULO 1 PROBLEMAS AMBIENTALES**

MODULO 2 CAMBIO CLIMATICO

MODULO 3 GUIA DE BUENAS PRÁCTICAS

AMBIENTALES

- **Foro Carrera De Ingeniería En Medio Ambiente**

2018-03-22  
COTOPAXI

LOS RECURSOS HIDRICOS EN LA PROVINCIA DE

- **Conferencia MAE Cotopaxi “ILITIO CENTRO DE RESCATE”**

2018-03-22 PROYECTO, INVESTIGACIÓN, ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL  
CÓNDOR ANDINO Y EL OSO DE ENTEOJOS EN EL ECUADOR.

- **Curso en línea**

**United Nations Institute for Training and Research**

(UNITAR)

**UNCC : Learn**

INTRODUCCIÓN AL CAMBIO CLIMATICO

CIENCIA DEL CAMBIO CLIMATICO

2018-06-30  
PARA ABORDAR EL

MANEJO JURÍDICO Y NORMATIVA INTERNACIONAL

(12 horas)

CAMBIO CLIMÁTICO

ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMATICO

MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMATICO FINANCIACION

DEL CAMBIO

CLIMATICO

PLANIFICACIÓN PARA EL CAMBIO CLIMATICO

## Anexo 11 Aval de traducción



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

## ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que las estudiantes: **CORDOVA CAIZACHINE JESSICA SOLEDAD** con C.I. 180546542-2, y **IZA CAMPAÑA ALISSON ESTEFANIA** con C.I. 172076691-2, egresadas de la Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales cuyo título versa “**EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DEL SISTEMA DE ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES (IFA) CON VETIVER (*Vetiveria zizanioides*) A TRAVÉS DE UN MODELO MATEMÁTICO, PERÍODO 2019-2020**”, 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 las peticionarias hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimen conveniente.

Latacunga, febrero del 2020

Atentamente,

  
Lic. Marcelo Pacheco Pruna  
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS  
C.I: 050261735-0



**Anexo 12 Monitoreos**



## INFORME DE ANALISIS DE AGUAS

<b>ANALISIS SOLICITADO POR :</b>	ALISON ESTEFANIA IZA CAMPAÑA		
<b>EMPRESA:</b>	UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI		
<b>DIRECCION TOMA DE MUESTRA:</b>	BARRIO SALACHE, LATACUNGA, COTOPAXI.		
<b>FECHA DE TOMA DE MUESTRA :</b>	2019-10-30		
<b>HORA DE TOMA DE MUESTRA</b>	9:30:00		
<b>FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA :</b>	2019-10-30		
<b>FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA :</b>	2019-11-14		
<b>PERIODO DE ANALISIS:</b>	2019-10-30	A	2019-11-14
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	SIMPLE		
<b>CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA</b>	AGUA CLARA PRESENCIA DE SOLIDOS		
<b>MUESTREADO POR :</b>	CLIENTE		
<b>COORDENADAS :</b>	0764318 ; 9889442		
<b>UBICACIÓN :</b>	V01		

CERTIFICADO DE ACREDITACION SAE LEN 16-005

\*\* Parámetros fuera del rango acreditado

\* Parametros No acreditados

INFORME N° : A19-430-02

No	PARAMETROS	EXPRESADO COMO:	METODO DE ANALISIS	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES	INCERTIDUMBRE U K:2
1	DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO **	DBO	S.M. Ed. 22-2012; 5210 B PTA-04	22,7	mg/l	+/- 18%
2	Δ FOSFATOS **	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 P C PA-49.00	451,75	mg/l	+/- 1,57 mg/l
3	Δ NITRATOS **	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 E PA-48.00	280,25	mg/l	+/- 0,39 mg/l
4	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+ PTA-01	6,0	un.pH	+/- 0,2UN

Δ Parámetros subcontratados a laboratorio a laboratorio con Acreditación No. SAE -LEN-05-0005, ubicado en Los Eucaliptos y Cipreces  
 SIN MARCA: Parámetros Analizados en las instalaciones de Labiotec De las gardenias E12-81 y Magnolias

Qca. Lilian Godoy  
 Gestion Tecnica aguas/LABIOTEC

**LAB - BIO - TEC**  
 SOCIEDAD ANONIMA  
 R.U.C. 1792473047001

Las condiciones ambientales no afectan a los resultados de los análisis del presente informe  
 Los resultados de los análisis corresponden únicamente a la muestra sometida a ensayo  
 Prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio, sin permiso por escrito del laboratorio

NOTA: El laboratorio no se responsabiliza por las condiciones de toma de muestra.



## INFORME DE ANALISIS DE AGUAS

<b>ANALISIS SOLICITADO POR :</b>	ALISON ESTEFANIA IZA CAMPAÑA		
<b>EMPRESA:</b>	UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI		
<b>DIRECCION TOMA DE MUESTRA:</b>	BARRIO SALACHE, LATACUNGA, COTOPAXI.		
<b>FECHA DE TOMA DE MUESTRA :</b>	2019-10-30		
<b>HORA DE TOMA DE MUESTRA</b>	9:35:00		
<b>FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA :</b>	2019-10-30		
<b>FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA :</b>	2019-11-14		
<b>PERIODO DE ANALISIS:</b>	2019-10-30	A	2019-11-14
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	SIMPLE		
<b>CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA</b>	AGUA CLARA PRESENCIA DE SOLIDOS		
<b>MUESTREADO POR :</b>	CLIENTE		
<b>COORDENADAS :</b>	0764317 ; 9889441		
<b>UBICACIÓN :</b>	V02		

CERTIFICADO DE ACREDITACION SAE LEN 16-005

\*\* Parámetros fuera del rango acreditado

\* Parametros No acreditados

INFORME N°: A19-430-01

No	PARAMETROS	EXPRESADO COMO:	METODO DE ANALISIS		RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES	INCERTIDUMBRE U K:2
1	DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO **	DBO	S.M. Ed. 22-2012; 5210 B	PTA-04	17,33	mg/l	+/- 18%
2	Δ FOSFATOS **	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 P C	PA-49.00	272,75	mg/l	+/- 1,57 mg/l
3	Δ NITRATOS	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 E	PA-48.00	69,15	mg/l	+/- 0,39 mg/l
4	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+	PTA-01	7,2	un.pH	+/- 0,2UN

Δ Parámetros subcontratados a laboratorio a laboratorio con Acreditación No. SAE -LEN-05-0005, ubicado en Los Eucaliptos y Cipreses

SIN MARCA: Parámetros Analizados en las instalaciones de Labiotec De las gardenias E12-81 y Magnolias

NOTA: El laborotio No se responsabiliza por las condiciones bajo las cuales se tomo la muestra

*Lilian Godoy*  
Cca. Lilian Godoy  
Gestion Tecnica aguas LABIOTEC



**LAB - BIO - TEC**  
SOCIEDAD ANONIMA  
R.U.C. 1792473047001

Las condiciones ambientales no afectan a los resultados de los análisis del presente informe  
Los resultados de los análisis corresponden únicamente a la muestra sometida a ensayo  
Prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio, sin permiso por escrito del laboratorio

NOTA: El laboratorio no se responsabiliza por las condiciones de toma de muestra.



## INFORME DE ANALISIS DE AGUAS

<b>ANALISIS SOLICITADO POR :</b>	ALISON ESTEFANIA IZA CAMPAÑA		
<b>EMPRESA:</b>	UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI		
<b>DIRECCION TOMA DE MUESTRA:</b>	BARRIO SALACHE, LATACUNGA, COTOPAXI.		
<b>FECHA DE TOMA DE MUESTRA :</b>	2019-10-30		
<b>HORA DE TOMA DE MUESTRA</b>	9:40:00		
<b>FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA :</b>	2019-10-30		
<b>FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA :</b>	2019-11-14		
<b>PERIODO DE ANALISIS:</b>	2019-10-30	A	2019-11-14
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	SIMPLE		
<b>CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA</b>	AGUA CLARA		
<b>MUESTREADO POR :</b>	CLIENTE		
<b>COORDENADAS :</b>	0764316 ; 9889440		
<b>UBICACIÓN :</b>	V03		

CERTIFICADO DE ACREDITACION SAE LEN 16-005

\*\* Parámetros fuera del rango acreditado

\* Parametros No acreditados

INFORME N° : A19-430-03

No	PARAMETROS	EXPRESADO COMO:	METODO DE ANALISIS	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES	INCERTIDUMBRE U K:2
1	DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO **	DBO	S.M. Ed. 22-2012; 5210 B PTA-04	<0,05	mg/l	+/- 18%
2	Δ FOSFATOS **	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 P C PA-49.00	446	mg/l	+/- 1,57 mg/l
3	Δ NITRATOS **	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 E PA-48.00	488,5	mg/l	+/- 0,39 mg/l
4	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+ PTA-01	7,4	un.pH	+/- 0,2UN

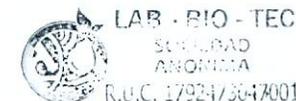
Δ Parámetros subcontratados a laboratorio a laboratorio con Acreditación No. SAE -LEN-05-0005, ubicado en Los Eucaliptos y Cipreces SIN MARCA: Parámetros Analizados en las instalaciones de Labiotec De las gardenias E12-81 y Magnolias

NOTA: El laboratotio no se responsabiliza por las condiciones bajo las cuales se toma la muestra.

  
Qca. Lilian Godoy  
Gestión Técnica aguas LABIOTEC

Las condiciones ambientales no afectan a los resultados de los análisis del presente informe  
Los resultados de los análisis corresponden únicamente a la muestra sometida a ensayo  
Prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio, sin permiso por escrito del laboratorio

NOTA: El laboratorio no se responsabiliza por las condiciones de toma de muestra.





### INFORME DE ANALISIS DE AGUAS

ANALISIS SOLICITADO POR :	ALISON IZA CAMPAÑA		
EMPRESA:	UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI		
DIRECCION TOMA DE MUESTRA:	BARRIO SALACHE, LATACUNGA, COTOPAXI.		
FECHA DE TOMA DE MUESTRA :	2019-11-14		
HORA DE TOMA DE MUESTRA	10:54:00		
FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA :	2019-11-14		
FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA :	2019-11-29		
PERIODO DE ANALISIS:	2019-11-14	A	2019-11-29
TIPO DE MUESTRA:	SIMPLE		
CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA	AGUA CLARA		
MUESTREADO POR :	CLIENTE		
UBICACIÓN :	V01		

CERTIFICADO DE ACREDITACION SAE LEN 16-005

\*\* Parámetros fuera del rango acreditado

\* Parametros No acreditados

INFORME N°: A19-457-01

No	PARAMETROS	EXPRESADO COMO:	METODO DE ANALISIS	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES	INCERTIDUMBRE U K:2
1	DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DBO	S.M. Ed. 22-2012; 5210 B PTA-04	21,5	mg/l	+/- 18%
2	Δ FOSFATOS **	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 P C PA-49.00	670	mg/l	+/- 1,57 mg/l
3	Δ NITRATOS **	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 E PA-48.00	338	mg/l	+/- 0,36 mg/l
4	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+ PTA-01	5,6	un.pH	+/- 0,2UN

Δ Parámetros subcontratados a laboratorio a laboratorio con Acreditación No. SAE -LEN-05-0005, ubicado en Los Eucaliptos y Cipreses

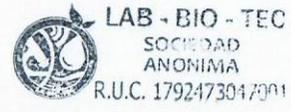
SIN MARCA: Parámetros Analizados en las instalaciones de Labiotec De las gardenias E12-81 y Magnolias

NOTA: El laboratotio No se responsabiliza por las condiciones bajo las cuales se tomo la muestra

*Lilian Godoy*  
 Qca. Lilian Godoy  
 Gestion Técnica aguas LABIOTEC

Las condiciones ambientales no afectan a los resultados de los análisis del presente informe  
 Los resultados de los análisis corresponden únicamente a la muestra sometida a ensayo  
 Prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio, sin permiso por escrito del laboratorio

CONDICIONES AMBIENTALES 30 °C



Dirección: De las Gardenias E12-81 y de las Magnolias, El Inca, Quito- Ecuador  
 Teléfono: 2449988/ 0984252025/ 0987954377. E-mail: labiotec 2013@hotmail.com



## INFORME DE ANALISIS DE AGUAS

<b>ANALISIS SOLICITADO POR :</b>	ALISON IZA CAMPAÑA		
<b>EMPRESA:</b>	UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI		
<b>DIRECCION TOMA DE MUESTRA:</b>	BARRIO SALACHE, LATACUNGA, COTOPAXI.		
<b>FECHA DE TOMA DE MUESTRA :</b>	2019-11-14		
<b>HORA DE TOMA DE MUESTRA</b>	10:54:00		
<b>FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA :</b>	2019-11-14		
<b>FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA :</b>	2019-11-29		
<b>PERIODO DE ANALISIS:</b>	2019-11-14	A	2019-11-29
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	SIMPLE		
<b>CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA</b>	AGUA CLARA		
<b>MUESTREADO POR :</b>	CLIENTE		
<b>UBICACIÓN :</b>	V02		

CERTIFICADO DE ACREDITACION SAE LEN 16-005

\*\* Parámetros fuera del rango acreditado

\* Parametros No acreditados

INFORME N° : A19-457-02

No	PARAMETROS	EXPRESADO COMO:	METODO DE ANALISIS	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES	INCERTIDUMBRE U K:2
1	DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DBO	S.M. Ed. 22-2012; 5210 B PTA-04	14,5	mg/l	+/- 18%
2	Δ FOSFATOS **	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 P C PA-49.00	489,5	mg/l	+/- 1,57 mg/l
3	Δ NITRATOS **	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 E PA-48.00	276,25	mg/l	+/- 0,36 mg/l
4	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+ PTA-01	5,5	un.pH	+/- 0,2UN

Δ Parámetros subcontratados a laboratorio a laboratorio con Acreditación No. SAE -LEN-05-0005, ubicado en Los Eucaliptos y Cipreses

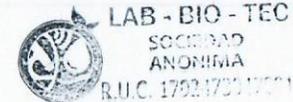
SIN MARCA: Parámetros Analizados en las instalaciones de Labiotec De las gardenias E12-81 y Magnolias

NOTA: El laborotio No se responsabiliza por las condiciones bajo las cuales se tomo la muestra

*Lilian Godoy*  
Qca. Lilian Godoy  
Gestion Tecnica aguas LABIOTEC

Las condiciones ambientales no afectan a los resultados de los análisis del presente informe  
Los resultados de los análisis corresponden únicamente a la muestra sometida a ensayo  
Prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio, sin permiso por escrito del laboratorio

CONDICIONES AMBIENTALES 30 °C





## INFORME DE ANALISIS DE AGUAS

<b>ANALISIS SOLICITADO POR :</b>	ALISON IZA CAMPAÑA		
<b>EMPRESA:</b>	UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI		
<b>DIRECCION TOMA DE MUESTRA:</b>	BARRIO SALACHE, LATACUNGA, COTOPAXI.		
<b>FECHA DE TOMA DE MUESTRA :</b>	2019-11-14		
<b>HORA DE TOMA DE MUESTRA</b>	10:54:00		
<b>FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA :</b>	2019-11-14		
<b>FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA :</b>	2019-11-29		
<b>PERIODO DE ANALISIS:</b>	2019-11-14	A	2019-11-29
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	SIMPLE		
<b>CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA</b>	AGUA CLARA		
<b>MUESTREADO POR :</b>	CLIENTE		
<b>UBICACIÓN :</b>	V03		

CERTIFICADO DE ACREDITACION SAE LEN 16-005

\*\* Parámetros fuera del rango acreditado

\* Parametros No acreditados

INFORME N° : A19-457-03

No	PARAMETROS	EXPRESADO COMO:	METODO DE ANALISIS	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES	INCERTIDUMBRE U K:2
1	DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DBO	S.M. Ed. 22-2012; 5210 B PTA-04	14,2	mg/l	+/- 18%
2	Δ FOSFATOS **	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 P C PA-49.00	681,0	mg/l	+/- 1,57 mg/l
3	Δ NITRATOS **	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 E PA-48.00	480,75	mg/l	+/- 0,36 mg/l
4	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+ PTA-01	5,5	un.pH	+/- 0,2UN

Δ Parámetros subcontratados a laboratorio a laboratorio con Acreditación No. SAE -LEN-05-0005, ubicado en Los Eucaliptos y Cipreses

SIN MARCA: Parámetros Analizados en las instalaciones de Labiotec De las gardenias E12-81 y Magnolias

NOTA: El laboratorio No se responsabiliza por las condiciones bajo las cuales se tomo la muestra

  
Oca. Lilian Godoy  
Gestion Tecnica aguas LABIOTEC

Las condiciones ambientales no afectan a los resultados de los análisis del presente informe  
Los resultados de los análisis corresponden únicamente a la muestra sometida a ensayo  
Prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio, sin permiso por escrito del laboratorio

CONDICIONES AMBIENTALES 30 °C



**LAB - BIO - TEC**  
SOCIEDAD ANONIMA  
R.U.C. 1792473047001

## INFORME DE ANALISIS DE AGUAS

<b>ANALISIS SOLICITADO POR :</b>	ALISON IZA CAMPAÑA		
<b>EMPRESA:</b>	UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI		
<b>DIRECCION TOMA DE MUESTRA:</b>	BARRIO SALACHE, LATACUNGA, COTOPAXI.		
<b>FECHA DE TOMA DE MUESTRA :</b>	2019-12-26		
<b>HORA DE TOMA DE MUESTRA</b>	12:03:00		
<b>FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA :</b>	2019-12-26		
<b>FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA :</b>	2020-01-10		
<b>nPERIODO DE ANALISIS:</b>	2019-12-05	A	2020-01-10
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	SIMPLE		
<b>CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA</b>	AGUA CLARA		
<b>MUESTREADO POR :</b>	CLIENTE		
<b>UBICACIÓN :</b>	V01		

CERTIFICADO DE ACREDITACION SAE LEN 16-005

\*\* Parámetros fuera del rango acreditado

\* Parametros No acreditados

INFORME N° : A19-567-01

No	PARAMETROS	EXPRESADO COMO:	METODO DE ANALISIS		RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES	INCERTIDUMBRE U K:2
1	DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DBO	S.M. Ed. 22-2012; 5210 B	PTA-04	8,80	mg/l	+/- 18%
2	Δ FOSFATOS **	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 P C	PA-49.00	780,20	mg/l	+/- 1,57 mg/l
3	Δ NITRATOS **	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 E	PA-48.00	496,25	mg/l	+/- 0,36 mg/l
4	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+	PTA-01	6,0	un.pH	+/- 0,2UN

Δ Parámetros subcontratados a laboratorio a laboratorio con Acreditación No. SAE -LEN-05-0005, ubicado en Los Eucaliptos y Cipreses  
 SIN MARCA: Parámetros Analizados en las instalaciones de Labiotec De las gardenias E12-81 y Magnolias  
 NOTA: El laboratorio No se responsabiliza por las condiciones bajo las cuales se tomo la muestra

Qca. Lilian Godoy  
 Gestion Tecnica aguas LABIOTEC

Las condiciones ambientales no afectan a los resultados de los análisis del presente informe  
 Los resultados de los análisis corresponden únicamente a la muestra sometida a ensayo  
 Prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio, sin permiso por escrito del laboratorio

## INFORME DE ANALISIS DE AGUAS

<b>ANALISIS SOLICITADO POR :</b>	ALISON IZA CAMPAÑA		
<b>EMPRESA:</b>	UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI		
<b>DIRECCION TOMA DE MUESTRA:</b>	BARRIO SALACHE, LATAACUNGA, COTOPAXI.		
<b>FECHA DE TOMA DE MUESTRA :</b>	2019-12-26		
<b>HORA DE TOMA DE MUESTRA</b>	12:09:00		
<b>FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA :</b>	2019-12-26		
<b>FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA :</b>	2020-01-10		
<b>PERIODO DE ANALISIS:</b>	2019-12-05	A	2020-01-10
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	SIMPLE		
<b>CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA</b>	AGUA CLARA		
<b>MUESTREADO POR :</b>	CLIENTE		
<b>UBICACIÓN :</b>	V02		

CERTIFICADO DE ACREDITACION SAE LEN 16-005

\*\* Parámetros fuera del rango acreditado

\* Parametros No acreditados

INFORME N° :      A19-567-02

No	PARAMETROS	EXPRESADO COMO:	METODO DE ANALISIS	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES	INCERTIDUMBRE U K:2
1	DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DBO	S.M. Ed. 22-2012; 5210 B    PTA-04	17,36	mg/l	+/- 18%
2	Δ FOSFATOS **	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 P C    PA-49.00	624,60	mg/l	+/- 1,57 mg/l
3	Δ NITRATOS **	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 E    PA-48.00	313,75	mg/l	+/- 0,36 mg/l
4	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+    PTA-01	5,8	un.pH	+/- 0,2UN

Δ Parámetros subcontratados a laboratorio a laboratorio con Acreditación No. SAE -LEN-05-0005, ubicado en Los Eucaliptos y Cipreses

SIN MARCA: Parámetros Analizados en las instalaciones de Labiotec De las gardenias E12-81 y Magnolias

NOTA: El laboratorio No se responsabiliza por las condiciones bajo las cuales se tomo la muestra

Qca. Lilian Godoy  
Gestion Tecnica aguas LABIOTEC

Las condiciones ambientales no afectan a los resultados de los análisis del presente informe  
Los resultados de los análisis corresponden únicamente a la muestra sometida a ensayo  
Prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio, sin permiso por escrito del laboratorio

## INFORME DE ANALISIS DE AGUAS

<b>ANALISIS SOLICITADO POR :</b>	ALISON IZA CAMPAÑA		
<b>EMPRESA:</b>	UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI		
<b>DIRECCION TOMA DE MUESTRA:</b>	BARRIO SALACHE, LATACUNGA, COTOPAXI.		
<b>FECHA DE TOMA DE MUESTRA :</b>	2019-12-26		
<b>HORA DE TOMA DE MUESTRA</b>	12:13:00		
<b>FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA :</b>	2019-12-26		
<b>FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA :</b>	2020-01-10		
<b>PERIODO DE ANALISIS:</b>	2019-12-05	A	2020-01-10
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	SIMPLE		
<b>CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA</b>	AGUA CLARA		
<b>MUESTREADO POR :</b>	CLIENTE		
<b>UBICACIÓN :</b>	V03		

CERTIFICADO DE ACREDITACION SAE LEN 16-005

\*\* Parámetros fuera del rango acreditado

\* Parametros No acreditados

INFORME N° : A19-567-03

No	PARAMETROS	EXPRESADO COMO:	METODO DE ANALISIS		RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES	INCERTIDUMBRE U K:2
1	DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DBO	S.M. Ed. 22-2012; 5210 B	PTA-04	6,92	mg/l	+/- 18%
2	Δ FOSFATOS **	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 P C	PA-49.00	812	mg/l	+/- 1,57 mg/l
3	Δ NITRATOS **	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 E	PA-48.00	413,25	mg/l	+/- 0,36 mg/l
4	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+	PTA-01	5,4	un.pH	+/- 0,2UN

Δ Parámetros subcontratados a laboratorio a laboratorio con Acreditación No. SAE -LEN-05-0005, ubicado en Los Eucaliptos y Cipreses

SIN MARCA: Parámetros Analizados en las instalaciones de Labiotec De las gardenias E12-81 y Magnolias

NOTA: El laboratorio No se responsabiliza por las condiciones bajo las cuales se tomo la muestra

Qca. Lilian Godoy  
Gestion Tecnica aguas LABIOTEC

Las condiciones ambientales no afectan a los resultados de los análisis del presente informe  
Los resultados de los análisis corresponden únicamente a la muestra sometida a ensayo  
Prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio, sin permiso por escrito del laboratorio



## INFORME DE ANALISIS DE AGUAS

ANALISIS SOLICITADO POR :	ALISON ESTEFANIA IZA CAMPAÑA		
EMPRESA:	UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI		
DIRECCION TOMA DE MUESTRA:	BARRIO SALACHE, LATACUNGA, COTOPAXI.		
FECHA DE TOMA DE MUESTRA :	2019-12-05		
HORA DE TOMA DE MUESTRA	9:48:00		
FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA :	2019-12-05		
FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA :	2019-12-30		
PERIODO DE ANALISIS:	2019-12-26	A	2019-12-30
TIPO DE MUESTRA:	SIMPLE		
CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA	AGUA CLARA PRESENCIA DE SOLIDOS		
MUESTREADO POR :	CLIENTE		
COORDENADAS :	0764317 ; 98889441		
UBICACIÓN :	V01		

CERTIFICADO DE ACREDITACION SAE LEN 16-005

\*\* Parámetros fuera del rango acreditado

\* Parametros No acreditados

INFORME N° : A19-505-01

No	PARAMETROS	EXPRESADO COMO:	METODO DE ANALISIS	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES	INCERTIDUMBRE U K:2
1	DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO **	DBO	S.M. Ed. 22-2012; 5210 B PTA-04	15,9	mg/l	+/- 18%
2	Δ FOSFATOS	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 P C PA-48.00	24,20	mg/l	+/- 1,57 mg/l
3	Δ NITRATOS **	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 E PA-48.00	501,75	mg/l	+/- 0,36 mg/l
4	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+ PTA-01	5,6	un.pH	+/- 0,2UN

Δ Parámetros subcontratados a laboratorio a laboratorio con Acreditación No. SAE -LEN-05-0005, ubicado en Los Eucaliptos y Cipreces

SIN MARCA: Parámetros Analizados en las instalaciones de Labiotec De las gardenias E12-81 y Magnolias

NOTA: El laboratorio No se responsabiliza por las condiciones bajo las cuales se tomo la muestra

Las condiciones ambientales no afectan a los resultados de los análisis del presente informe  
 Los resultados de los análisis corresponden únicamente a la muestra sometida a ensayo  
 Prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio, sin permiso por escrito del laboratorio

NOTA: El laboratorio no se responsabiliza por las condiciones de toma de muestra.

*Lilian Godoy*  
 Qca. Lilian Godoy  
 Gestion Tecnica aguas LABIOTEC





## INFORME DE ANALISIS DE AGUAS

ANALISIS SOLICITADO POR :	ALISON ESTEFANIA IZA CAMPAÑA		
EMPRESA:	UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI		
DIRECCION TOMA DE MUESTRA:	BARRIO SALACHE, LATACUNGA, COTOPAXI.		
FECHA DE TOMA DE MUESTRA :	2019-12-05		
HORA DE TOMA DE MUESTRA	9:52:00		
FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA :	2019-12-05		
FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA :	2019-12-30		
PERIODO DE ANALISIS:	2019-12-26	A	2019-12-30
TIPO DE MUESTRA:	SIMPLE		
CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA	AGUA CLARA PRESENCIA DE SOLIDOS		
MUESTREADO POR :	CLIENTE		
COORDENADAS :	0764318 ; 9889442		
UBICACIÓN :	V02		

CERTIFICADO DE ACREDITACION SAE LEN 16-005

\*\* Parámetros fuera del rango acreditado

\* Parámetros No acreditados

INFORME N°: A19-505-02

No	PARAMETROS	EXPRESADO COMO:	METODO DE ANALISIS		RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES	INCERTIDUMBRE U K:2	
1	DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO **	DBO	S.M. Ed. 22-2012; 5210 B	PTA-04	11,1	mg/l	+/-	18%
2	Δ FOSFATOS	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 P C	PA-48.00	28,00	mg/l	+/-	1,57 mg/l
3	Δ NITRATOS **	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 E	PA-48.00	219,30	mg/l	+/-	0,36 mg/l
4	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+	PTA-01	5,9	un.pH	+/-	0,2UN

Δ Parámetros subcontratados a laboratorio a laboratorio con Acreditación No. SAE -LEN-05-0005, ubicado en Los Eucaliptos y Cipreses

SIN MARCA: Parámetros Analizados en las instalaciones de Labiotec De las gardenias E12-81 y Magnolias

NOTA: El laborototio No se responsabiliza por las condiciones bajo las cuales se tomo la muestra

*Lilian Godoy*  
 Qca. Lilian Godoy  
 Gestión Técnica aguas LABIOTEC

Las condiciones ambientales no afectan a los resultados de los análisis del presente informe  
 Los resultados de los análisis corresponden únicamente a la muestra sometida a ensayo  
 Prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio

NOTA: El laboratorio no se responsabiliza por las condiciones de toma de muestra.



LAB - BIO - TEC  
 SOCIEDAD ANONIMA  
 S.A.C. 1792473047001



## INFORME DE ANALISIS DE AGUAS

ANALISIS SOLICITADO POR :	ALISON ESTEFANIA IZA CAMPAÑA		
EMPRESA:	UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI		
DIRECCION TOMA DE MUESTRA:	BARRIO SALACHE, LATACUNGA, COTOPAXI.		
FECHA DE TOMA DE MUESTRA :	2019-12-05		
HORA DE TOMA DE MUESTRA	9:50:00		
FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA :	2019-12-05		
FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA :	2019-12-20		
PERIODO DE ANALISIS:	2019-12- 26	A	2019-12-20
TIPO DE MUESTRA:	SIMPLE		
CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA	AGUA CLARA		
MUESTREADO POR :	CLIENTE		
COORDENADAS :	0764316 ; 9889440		
UBICACIÓN :	V03		

CERTIFICADO DE ACREDITACION SAE LEN 16-005

\*\* Parámetros fuera del rango acreditado

\* Parametros No acreditados

INFORME N° : A19-505-03

No	PARAMETROS	EXPRESADO COMO:	METODO DE ANALISIS		RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES	INCERTIDUMBRE U K:2
1	DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO **	DBO	S.M. Ed. 22-2012; 5210 B	PTA-04	15,6	mg/l	+/- 18%
2	Δ FOSFATOS	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 P C	PA-48.00	26,0	mg/l	+/- 0,6 mg/l
3	Δ NITRATOS **	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 E	PA-48.00	449,0	mg/l	+/- 0,38 mg/l
4	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+	PTA-01	5,7	un.pH	+/- 0,2UN

Δ Parámetros subcontratados a laboratorio a laboratorio con Acreditación No. SAE -LEN-05-0005, ubicado en Los Eucaliptos y Cipreces SIN MARCA: Parámetros Analizados en las instalaciones de Labiotec De las gardenias E12-81 y Magnolias

NOTA: El laboratorio no se responsabiliza por las condiciones bajo las cuales se toma la muestra.

Las condiciones ambientales no afectan a los resultados de los análisis del presente informe  
Los resultados de los análisis corresponden únicamente a la muestra sometida a ensayo  
Prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio, sin permiso por escrito del laboratorio

  
Qca. Lilian Godoy  
Gestión Técnica aguas LABIO-TEC

