



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

CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DEL**  
**SISTEMA IFA CON ACHIRA (*Canna indica*) A TRAVÉS DE UN**  
**MODELO MATEMÁTICO**

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

Autores:

Amagua Villamarín Pamela Estefanía

Canchig Pilicita Jessica Lizbeth

Tutor:

PhD. Ilbay Yupa Mercy Lucila

Latacunga – Ecuador

Febrero 2020

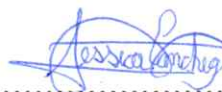
## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo **Amagua Villamarín Pamela Estefanía** y **Canchig Pilicita Jessica Lizbeth** declaramos ser autoras del presente proyecto de investigación: **“Evaluación de la remoción de contaminantes del sistema IFA con achira (*Canna indica*) a través de un modelo matemático”**, siendo la **PhD. Ilbay Yupa Mercy Lucila** 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.



.....  
**Amagua Villamarín Pamela**  
**Estefanía**  
**C.I. 1722430384**



.....  
**Canchig Pilicita Jessica Lizbeth**  
**C.I. 1725423485**



.....  
**PhD. Ilbay Yupa Mercy Lucila**  
**C.I. 0604147900**

## 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 **Amagua Villamarín Pamela Estefanía**, identificado con C.C. **1722430384** de estado civil **soltera** y con domicilio en Pichincha - Mejía, Parroquia Uyumbicho y **Canchig Pilicita Jessica Lizbeth** identificado con CC: **1725423485** de estado civil **soltera** y con domicilio en Pichincha- Mejía, Parroquia Machachi quienes en lo sucesivo se denominarán **LAS 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 **EL CESIONARIO** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** – **LA/EL CEDENTE**, es una persona natural estudiante de la carrera de **Ingeniería de Medio Ambiente**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“Evaluación de la remoción de contaminantes del sistema IFA con achira (*Canna indica*) a través de un modelo matemático”** la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico. - (Abril - Agosto 2014 hasta Octubre 2019 – Marzo 2020)

Aprobación C. D.- 15 de Noviembre de 2019

Tutor: MSc. Ilbay Yupa Mercy Lucila

Tema: **“EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DEL SISTEMA IFA CON ACHIRA (*Canna indica*) A TRAVÉS DE UN MODELO MATEMÁTICO”**

**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.
- e) 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 **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 17 días del mes de febrero del 2020.

**Srta. Pamela Estefanía Amagua  
Villamarín**

**EL CEDENTE**

**Srta. Jessica Lizbeth Canchig  
Pilicita**

**EL CEDENTE**

**Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez**

**EL CESIONARIO**

Latacunga, 07 de febrero del 2020

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

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

**“Evaluación de la remoción de contaminantes del sistema IFA con achira (*Canna indica*) a través de un modelo matemático”, de Amagua Villamarín Pamela Estefanía y Canchig Pilicita Jessica Lizbeth, de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.**



.....

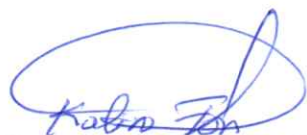
PhD. Ilbay Yupa Mercy Lucila  
**TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

Latacunga, 07 de Febrero de 2020

## AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

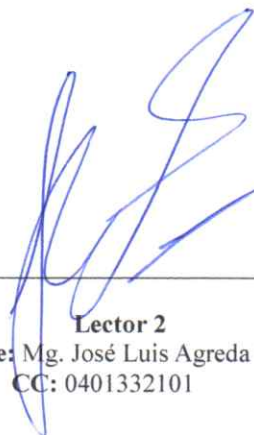
En calidad de Lectores del Proyecto de Investigación con el título:

“Evaluación de la remoción de contaminantes del sistema IFA con achira (*Canna indica*) a través de un modelo matemático” de Amagua Villamarín Pamela Estefanía y Canchig Pilicita Jessica Lizbeth, de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, consideramos que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.



---

**Lector 1 (Presidente/a)**  
Nombre: MSc. Kalina Marcela Fonseca Largo  
CC: 1723534457



---

**Lector 2**  
Nombre: Mg. José Luis Agreda Oña  
CC: 0401332101



---

**Lector 3**  
Nombre: MSc. Joseline Luisa Ruiz Depablos  
CC: 1758739062

## **AGRADECIMIENTO**

Una vez concluido el trabajo de investigación, deseo dejar constancia de mi profundo agradecimiento, a la PhD. Mercy Ilbay, tutora del proyecto, quien me supo guiar y brindar todo su apoyo durante el desarrollo del trabajo de investigación, de igual manera, a cada uno de los lectores, quienes contribuyeron con sus conocimientos.

En general, agradezco a toda mi familia, quienes, de una u otra manera, me supieron brindar su apoyo en el desarrollo de mi preparación académica, de manera especial a mis padres y hermanos, que fueron el pilar fundamental para alcanzar el objetivo de ser una profesional.

### **Pamela Amagua**

A mis padres y hermano por apoyarme en cada decisión que he tomado, al ser los promotores de mi sueño y la principal razón por la que luché y seguiré luchando cada día por ser alguien mejor. Igualmente, agradezco a mi familia y amigos por el apoyo incondicional brindado y quienes siempre creyeron en mí. Finalmente, a la PhD. Mercy Ilbay y la Msc. Kalina Fonseca por ser un gran apoyo durante la carrera y el tiempo que les conozco, así como también por la ayuda brindada durante el proceso de investigación.

### **Jessica Canchig**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación, se lo dedico en primer lugar a Dios, quien me supo bendecir durante toda mi preparación académica; a mis padres Carlos Amagua y Rocío Villamarín, quienes me han brindado todo su apoyo y esfuerzo para poder cumplir con esta meta. A mis hermanos Carlos, Alisson y mi sobrina Dannah que siempre han estado junto a mí; y a mi novio José David, quien ha sido mi mayor apoyo para seguir siempre adelante y mi gran motivación para llegar a ser una gran profesional.

### **Pamela Amagua**

Mi tesis se la dedico a mis padres Hector y Pilar y a mi hermano Jhael, por estar siempre conmigo y por haberme brindado su apoyo en aquellos momentos difíciles que hemos vivido. Lo cual me ha permitido llegar hasta donde me encuentro hoy. Todo ese esfuerzo se ve reflejado en la culminación de este proyecto y en la finalización de mis estudios universitarios.

### **Jessica Canchig**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**TÍTULO: “EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DEL SISTEMA IFA CON ACHIRA (CANNA INDICA) A TRAVÉS DE UN MODELO MATEMÁTICO”**

**Autores:** Amagua Villamarín Pamela Estefanía  
Canchig Pilicita Jessica Lizbeth

## RESUMEN

El sistema **vi** Islas Flotantes Artificiales (IFA) son consideradas como una alternativa ecotecnológica innovadora diseñada para la captación de contaminantes presentes en los cuerpos de agua. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar a la achira (*Canna indica*) como posible especie fitorremediadora de aguas contaminadas con exceso de nutrientes. Las plantas fueron sometidas a 35 días de adaptación y 42 días de desarrollo, posteriormente instaladas en el sistema flotante. Para evaluar la remoción, se analizaron cuatro parámetros ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$ ,  $\text{DBO}_5$  y pH), cada 15 días durante 2 meses. La relación del tiempo transcurrido con el porcentaje de remoción del contaminante se determinó mediante RStudio. Con el modelo matemático se estableció que en 49 días se puede obtener una remoción del 72% de nitratos y 21% de fosfatos. Así mismo el valor de  $\text{DBO}_5$  es inversamente proporcional al valor de pH, teniendo aguas ácidas con mayor cantidad de  $\text{DBO}_5$ .

**Palabras claves:**  $\text{DBO}_5$ , Isla Flotante Artificial, fitorremediación, remoción, nitrato, fosfato, pH.



PhD. Ilbay Yupa Mercy Lucila  
**TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

# TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

**TITLE: “EVALUATION OF THE REMOVAL OF CONTAMINANTS OF AFI SYSTEM WITH ACHIRA (*Canna indica*) THROUGH A MATHEMATICAL MODEL”**

**Authors: Amagua Villamarín Pamela Estefanía  
Canchig Pilicita Jessica Lizbeth**

## ABSTRACT

The Artificial Floating Island (AFI) system are considered as an innovative eco-technological alternative designed to uptake pollutants that there are in water bodies. The objective of this research was to evaluate the achira (*Canna indica*) as a possible phytoremediation species for water contaminated with excess of nutrients. The plants were subjected to 35 days of adaptation and 42 days of development, and then installed in the floating system. To evaluate the remotion, four parameters were analyzed ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$ ,  $\text{BOD}_5$  and pH), every 15 days for 2 months. The relationship between the time elapsed and the percentage of contaminant removal was determined using RStudio. With the mathematical model it was established that in 49 days a 72% of nitrate removal and a 21% of phosphate removal can be obtained. Likewise, the  $\text{BOD}_5$  value is inversely proportional to the pH value, having acidic waters with a higher amount of  $\text{BOD}_5$ .

**Keywords:**  $\text{BOD}_5$ , Artificial Floating Island, phytoremediation, removal, nitrate, phosphate, pH

## ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2. RESUMEN DEL PROYECTO .....	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	3
5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
6. OBJETIVOS .....	4
6.1. Objetivo general .....	4
6.2. Objetivos específicos.....	5
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	5
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA .....	6
8.1. Recurso hídrico .....	6
8.1.1. Características del agua .....	6
8.1.2. Calidad del agua .....	6
8.1.3. Contaminación de un cuerpo de agua.....	6
8.1.4. Fuente de contaminación .....	7
8.2. Contaminación del agua en el río Cutuchi.....	7
8.2.1. Sustancias químicas inorgánicas .....	8
8.2.2. Sustancias químicas orgánicas .....	8
8.3. Contaminación del agua por nitratos, fosfatos y demanda biológica de oxígeno .....	9
8.3.1. Contaminación del agua por nitratos .....	9
8.3.2. Contaminación del agua por fosfatos .....	9
8.3.3. Contaminación del agua por la demanda biológica de oxígeno.....	9
8.4. Contaminación del río Cutuchi por nitratos y fosfatos.....	10
8.5. Métodos de tratamientos convencionales .....	10

8.5.1. Electrocoagulación .....	10
8.5.2. Procesos de biosorción.....	11
8.5.3. Coagulación – Floculación.....	11
8.6. Métodos alternativos .....	11
8.6.1. Bioadsorción .....	11
8.6.2. Humedales artificiales.....	12
8.6.3. Fitorremediación.....	13
8.7. Islas flotantes artificiales .....	14
8.7.1. Descripción .....	14
8.7.2. Historia.....	15
8.7.3. Estructura .....	16
8.7.4. Funcionamiento .....	16
8.8. La especie achira ( <i>Canna indica</i> ).....	18
8.8.1. Descripción de la especie.....	18
8.8.2. Información taxonómica .....	19
8.8.3. Morfología .....	19
8.8.4. Fenología.....	19
9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS .....	22
10. METODOLOGÍA .....	23
10.1. Área de estudio.....	23
10.2. Muestreo del canal del riego Latacunga-Salcedo-Ambato.....	23
10.3. Ubicación del ensayo (tinas).....	24
10.4. Instalación del sistema.....	24
10.5. Construcción de la matriz flotante .....	24
10.6. Implementación de sustrato .....	25
10.6.1. Elaboración del sustrato.....	25
10.6.2. Aplicación del sustrato en el sistema.....	25

10.7. Adecuación del cuerpo hídrico.....	26
10.8. Incorporación de la achira ( <i>Canna indica</i> ) al sistema.....	26
10.9. Protocolo de toma de muestras (INEN 2169) LABIOTEC.....	27
10.10. Proceso de investigación.....	28
10.11. Determinación del porcentaje de remoción.....	29
10.12. Correlación entre el crecimiento radicular y aéreo de la planta y los contaminantes	30
10.13. Modelo de regresión lineal simple.....	30
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	30
11.1. Desarrollo de la achira ( <i>Canna indica</i> ).....	31
11.2. Resultados de Nitratos: Ensayo 1 y 2.....	33
11.3. Resultados de Fosfatos: Ensayo 1 y 2.....	34
11.4. Relación del crecimiento de la achira ( <i>Canna indica</i> ) y la remoción de contaminantes .....	36
11.5. Modelo regresión lineal simple.....	40
12. IMPACTOS.....	41
13. PRESUPUESTO.....	42
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	43
14.1. Conclusiones.....	43
14.2. Recomendaciones.....	44
15. BIBLIOGRAFÍA.....	45
16. ANEXOS.....	1
16.1. Curriculum vitae.....	1
16.2. Registro fotográfico.....	5
16.3. Cálculos de los resultados obtenidos.....	9
16.4. Informe de análisis de agua.....	10

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Beneficiarios del proyecto .....	3
Tabla 2. Actividades, resultados y metodología aplicada en la investigación .....	5
Tabla 3. Información taxonómica .....	19
Tabla 4. Fenología de la achira ( <i>Canna indica</i> ) propuesta por la BBCH .....	21
Tabla 5. Puntos de muestreo inicial para la selección del agua.....	24
Tabla 6. Proporciones del sustrato en la matriz flotante .....	26
Tabla 7. Ubicación de la procedencia de la especie vegetativa achira .....	26
Tabla 8. Periodo de adaptación, desarrollo y muestreo in situ de achira ( <i>Canna indica</i> ).....	29
Tabla 9. Periodo de adaptación, desarrollo achira ( <i>Canna indica</i> ).....	32
Tabla 10. Presupuesto .....	42

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Contaminación de un cuerpo de agua.....	7
Imagen 2. Microcuenca del río Cutuchi.....	8
Imagen 3. Proceso de bioadsorción .....	12
Imagen 4. Humedales artificiales .....	12
Imagen 5. Tipos de fitorremediación .....	13
Imagen 6. Humedales artificiales .....	15
Imagen 7. Matriz flotante.....	16
Imagen 8. Funcionamiento del Sistema IFA .....	18
Imagen 9. Especie vegetativa achira ( <i>Canna indica</i> ).....	18
Imagen 10. Etapas fenológicas de la achira .....	22
Imagen 11. Fibra de coco .....	25
Imagen 12. Transporte de las muestras.....	27

Imagen 13. Etiqueta .....	28
Imagen 14. Crecimiento de las raíces en las 3 tinas al inicio de los muestreos .....	31
Imagen 15. Crecimiento de las raíces al final de la investigación.....	32
Imagen 16. Eliminación de contaminantes .....	33

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sitio del muestreo y ubicación del ensayo .....	23
Figura 2. Nitratos .....	34
Figura 3. Fosfatos .....	36
Figura 4. Diagramas de dispersión del crecimiento radicular – contaminantes .....	38
Figura 5. Diagrama de dispersión de crecimiento aéreo – contaminantes .....	39

### ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Porcentaje de remoción .....	29
Ecuación 2. Correlación .....	30
Ecuación 3. Remoción de nitratos .....	40
Ecuación 4. Remoción de fosfatos.....	40

## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

### **Título del proyecto**

Evaluación de la remoción de contaminantes del Sistema IFA con achira (*Canna indica*) a través de un modelo matemático

### **Lugar de ejecución**

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

### **Institución, unidad académica y carrera que auspicia**

Universidad Técnica de Cotopaxi

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN)

Ingeniería en Medio Ambiente

### **Nombres del equipo de investigadores**

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

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

**Estudiantes:** Srta. Pamela Estefanía Amagua Villamarín

Srta. Jessica Lizbeth Canchig Pilicita

### **Área de conocimiento**

Ambiente / Manejo de Recursos Hídricos

### **Línea de investigación:**

Análisis, Conservación y Aprovechamiento de la biodiversidad local

### **Línea de vinculación:**

Servicios: Protección del ambiente y desastres naturales

## 2. RESUMEN DEL PROYECTO

El sistema de Islas Flotantes Artificiales (IFA) son consideradas como una alternativa ecotecnológica innovadora diseñados para la captación de contaminantes presentes en los cuerpos de agua. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar a la achira (*Canna indica*) como posible especie fitorremediadora de aguas contaminadas con exceso de nutrientes. Las plantas fueron sometidas a 35 días de adaptación y 42 días de desarrollo, posteriormente instaladas en el sistema flotante. Para evaluar la remoción se analizaron cuatro parámetros ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$ ,  $\text{DBO}_5$  y pH), cada 15 días durante 2 meses. La relación del tiempo transcurrido con el porcentaje de remoción del contaminante se determinó mediante RStudio. Con el modelo matemático se estableció que en 49 días se puede obtener un 72% de remoción de nitratos. En el mismo número de días las especies evaluadas comenzarán a tener una influencia significativa sobre los fosfatos presentes en el agua, obteniéndose una remoción del 21%. Así mismo el valor de  $\text{DBO}_5$  es inversamente proporcional al valor de pH, teniendo aguas ácidas con mayor cantidad de  $\text{DBO}_5$ .

**Palabras claves:**  $\text{DBO}_5$ , Isla Flotante Artificial, fitorremediación, remoción, nitrato, fosfato, pH.

## 3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En la actualidad los cuerpos de agua se encuentran en constante deterioro a consecuencia de las actividades antrópicas e industriales. Es por ello que surge la necesidad de involucrar diferentes métodos convencionales como la electrocoagulación, biosorción, coagulación, floculación, entre otros, que tienen una eficiencia positiva en el tratamiento de aguas residuales, pero acarrear una serie de desventajas, una de ellas es el uso de insumos químicos, mismos que repercuten negativamente al ambiente. Sin embargo, existe métodos alternativos como la bioadsorción, humedales artificiales, fitorremediación o islas flotantes artificiales, estos métodos se llevan a cabo a base de seres vivos por lo que no se utiliza insumos químicos ni equipos mecánicos, es decir, su funcionamiento es sencillo y no implica peligro. Es por ello que el método alternativo del sistema islas flotantes artificiales (IFA) es considerado como una alternativa ecotecnológica innovadora, la cual está diseñada exclusivamente para la remoción y captación de diversos contaminantes presentes en el agua, con la utilización de diversas especies vegetales como la achira (*Canna indica*) que es una especie vegetal perenne y que no necesita un control riguroso. En la actualidad existen estudios insipientes sobre el potencial de remoción de contaminantes a través del sistema IFA en los diferentes cuerpos de agua, razón

por la cual no se conoce en su totalidad la eficiencia de este tipo de tratamiento y su aplicación en diferentes cuerpos de agua. De esta manera es necesario realizar estudios que permitan analizar y predecir el comportamiento de las IFAs para la construcción y posterior simulación a través de la evaluación de un Modelo de regresión lineal simple, además es indispensable conocer cuál es la etapa más óptima de la especie vegetativa achira (*Canna indica*) en la remoción de contaminantes y de esta manera poder utilizar el sistema de forma eficaz y segura en los distintos cuerpos de agua contaminados procedentes de ríos Andinos.

#### 4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

**Tabla 1. Beneficiarios del proyecto**

<b>DIRECTOS</b>	<b>HOMBRES</b>	<b>MUJERES</b>	<b>INDIRECTOS</b>	<b>HOMBRES</b>	<b>MUJERES</b>
Pobladores de la microcuenca del río Cutuchi	110.181	118.524	Secretaría del agua	5	7
			Ministerio del Ambiente	10	15
			Gobiernos Autónomos Descentralizados	4	7
<b>TOTAL</b>	<b>228.705</b>		<b>TOTAL</b>	<b>48</b>	

Fuente: (INEC, 2010)

Elaborador por: Amagua, P & Canchig, J (2019)

#### 5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La contaminación del recurso hídrico a través de los años ha provocado afectaciones sobre la salud humana y estos tienden a aumentar paulatinamente si no se toma medidas urgentes para detener y reparar estas afectaciones. La sexta edición del reporte Perspectivas del Medio Ambiente Mundial (GEO-6, por sus siglas en inglés), hace referencia que la resistencia antimicrobiana se convertirá en una de las principales causas de muerte para el 2050 debido a la contaminación de los cuerpos de agua dulce. Al ser el agua uno de los recursos más importantes para la vida según la UNICEF (2007) 844 millones de personas no tienen acceso a agua potable, por lo cual su consumo se encuentra limitado a varios lugares del mundo.

En el Ecuador la gestión del recurso hídrico es de gran interés y constante en todo el territorio, el cual tiene como finalidad la racionalización en la conservación, aprovechamiento y mejora en la calidad. Más del 80% de las empresas industriales, agroindustriales, de comercio y

servicios generan aguas residuales de proceso con alta carga orgánica y muchas veces con sustancias tóxicas, no las depuran y las descargan directamente a las redes de alcantarillado público o directamente a los cauces fluviales según (Alinson Carvajal & Laso, 2017).

La provincia de Cotopaxi al ser un sector agrícola industrial presenta una grave contaminación en los distintos cuerpos de agua, donde el principal afluente es el río Cutuchi, en el cual se estima que más de 40mil m<sup>3</sup> de aguas servidas se depositan diariamente, como consecuencia de la presencia de varias industrias metalúrgicas, curtiembres, talleres de ensamblaje, aglomerados, entre otros y de igual manera la descarga directa de aguas servidas de uso doméstico. La contaminación del río Cutuchi es sumamente grave y alarmante debido a que esta agua es utilizada por aproximadamente 17mil agricultores para el riego de 26mil hectáreas de cultivos dentro de la provincia de Cotopaxi. Según estudios realizados por Bermeo y Tigse, 2018, manifiestan que la situación del río Cutuchi es crítica principalmente por descargas de agua residual de la población en general. De igual manera (Fonseca, Ilbay, et al., 2017), establecieron con base a los criterios de Índice de Calidad del agua ICA-NSF, el agua se encuentra dentro del rango de mala calidad.

Es por ello que el sistema IFA tiene una gran expectativa a nivel mundial ya que esta tecnología puede ser aplicada en embalses, lagos, estanques y todo tipo de agua contaminada. Existen estudios realizados en 17 países, en más de 5 continentes consiguiendo resultados positivos. A pesar de ello, el poder determinar la etapa más óptima en la que una isla flotante artificial pueda ser utilizada para el sitio a tratar es una tarea difícil.

El desarrollo de un estudio piloto es útil para la selección de la especie a utilizar en el sistema IFA, sin embargo, aún se necesitan más estudios para verificar el potencial de las mismas en aguas procedentes de ríos Andinos. Como alternativa, un modelo de regresión lineal simple correctamente diseñado permitirá conocer el comportamiento del proceso en las condiciones establecidas para su futura aplicación.

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1. Objetivo general**

Evaluar la eficiencia de remoción de contaminantes del sistema IFA a través de un modelo matemático.

## 6.2. Objetivos específicos

- Establecer el porcentaje de remoción de nitratos y fosfatos en el sistema IFA mediante un análisis en campo y laboratorio.
- Determinar la correlación existente entre el crecimiento radicular y aéreo de la planta y la remoción de los contaminantes.
- Aplicar un modelo de regresión lineal simple en base a los resultados obtenidos.

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

Tabla 2. Actividades, resultados y metodología aplicada en la investigación

Objetivo planteado	Actividad	Resultado	Metodología
Establecer el porcentaje de remoción de nitratos y fosfatos en el sistema IFA mediante un análisis en campo y laboratorio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalación del sistema IFA.</li> <li>• Monitoreos periódicos in situ de los parámetros en estudio.</li> </ul>	Conocer la eficiencia del sistema IFA a partir del porcentaje de remoción de parámetros en estudio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementación del sistema y procesamiento de muestras.</li> <li>• Aplicación de la fórmula de remoción de contaminantes.</li> </ul>
Determinar la correlación existente entre el crecimiento de la raíz de la planta y el porcentaje de remoción.	Medición del crecimiento progresivo de raíz de la especie achira del sistema IFA.	El desarrollo y crecimiento de la planta achira dentro del sistema IFA tiene directa dependencia con la remoción de contaminantes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolección cuantitativa de datos referente al crecimiento de la planta achira.</li> <li>• Análisis de correlación.</li> </ul>
Aplicar un modelo de regresión lineal simple en base a los resultados obtenidos.	Análisis estadístico considerando los promedios de los muestreos, en el programa RStudio.	Ecuación lineal que permite predecir la remoción de $\text{NO}_3$ y $\text{PO}_4$ en el sistema.	Análisis cuantitativo de los datos obtenidos de la investigación.

Elaborado por: Amagua, P & Canchig, J. (2019)

## **8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA**

### **8.1. Recurso hídrico**

#### **8.1.1. Características del agua**

El agua es un recurso natural indispensable para el desarrollo de todo ser vivo (Del Valle, s. f.). Es una molécula sencilla compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, considerada además como disolvente universal (Vaquero, 2012). Los recursos hídricos se utilizan en varios sectores, principalmente para el uso doméstico o sea el de utilidad directa para el hombre, para la industria, para la minería, para las áreas urbanas, para la recreación, para producción de energía y para la producción agrícola, forestal y pesquera, así como para el mantenimiento de ecosistemas protegidos y no explotados (Prieto-Celi, s. f.).

#### **8.1.2. Calidad del agua**

La relación entre la calidad del agua y la salud humana es inmutable. El agua es imprescindible no sólo para la vida, sino para las buenas condiciones de salud y bienestar humanos (Forde et al., 2015). La calidad del agua está relacionada en función de la fuente y su uso potencial. La calidad del agua está definida en términos característicos y los requerimientos de un sistema hídrico que suministra el agua, de igual manera incluye los requisitos requeridos a los afluentes que se descargan en un cuerpo receptor (Chang, 2012).

#### **8.1.3. Contaminación de un cuerpo de agua**

La contaminación de un cuerpo de agua consiste en cualquier alteración en su composición y estado natural, generalmente provocada por el ser humano, debido a las diferentes actividades e inadecuado manejo de la misma, la cual afecta directamente a las distintas superficies terrestres o subsuelos donde se encuentra (Gil et al., 2015). Además, existen enfermedades ligadas al consumo de agua contaminada por lo que consumir agua potable permite reducir de forma significativa la exposición de las poblaciones a dichas enfermedades y los beneficios en la salud son considerables (Buelta & Martínez, 2015).

Así mismo, es importante mencionar que estudios realizados en países desarrollados indican que la mayoría de las aguas superficiales tienen niveles de contaminación que deben ser evaluados y resueltos en los procesos de tratamiento y desinfección del agua para consumo humano (Craun et al., 2002).

**Imagen 1. Contaminación de un cuerpo de agua**



**Fuente:** (Hernández, 2018)

#### **8.1.4. Fuente de contaminación**

La contaminación se ha convertido en un problema visible y cotidiano. Las actividades industriales de distinto orden y las aguas servidas que se arrojan desde las ciudades sin ningún tratamiento, son las mayores fuentes de contaminación de los recursos hídricos. A esto se añade la convivencia con animales de pastoreo junto a las fuentes y a prácticas inadecuadas de uso (Isch, 2011).

Según (Korbut, 2016) hace referencia que las principales fuentes de contaminación son las siguientes:

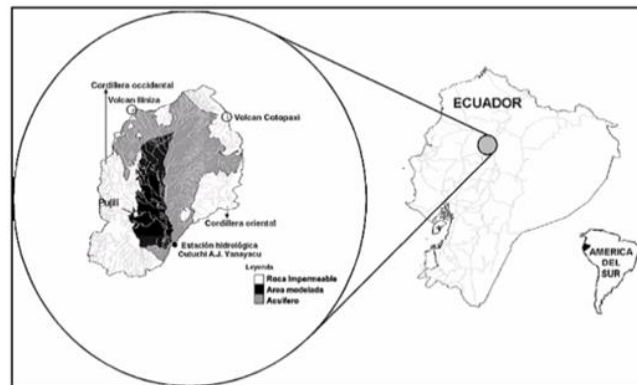
**Fuentes naturales:** Dependiendo el terreno por el cual atraviese el agua puede contener componentes de origen natural procedentes del contacto con la atmósfera y el suelo como por ejemplo sales minerales, calcio, magnesio, hierro, entre otros. Este tipo de contaminación se puede identificar y eliminar fácilmente.

**Fuentes artificiales:** Es aquella producida como consecuencia de las diferentes actividades humanas y el desarrollo industrial, provocando la presencia de componentes peligrosos para el medio ambiente en general.

#### **8.2. Contaminación del agua en el río Cutuchi**

La microcuenca del río Cutuchi limitada al este y oeste por las primeras elevaciones de la Cordillera Occidental y Oriental del Ecuador, forma parte del mayor sistema hidrográfico de la cuenca del río Pastaza y se encuentra entre las provincias de Cotopaxi y Tungurahua.

**Imagen 2. Microcuenca del río Cutuchi**



Fuente: (Taco, 2000)

El río Cutuchi es altamente vulnerable a la contaminación debido a la presencia de varias industrias y asentamientos en todo el tramo del mismo, provocando descargas frecuentes de aguas grises, negras y todo tipo de vertidos. De igual manera (Tarco & Veintimilla, 2010) mencionan en su investigación que: “Los principales problemas de la cuenca de estudio son: el déficit hídrico, la alarmante contaminación y la deficiente administración del agua. Estos tienen como efectos directos problemas de morbilidad generados por enfermedades hídricas, un ineficiente sistema de abastecimiento de población, inexistente tratamiento de efluentes sanitarios y vuelcos agroindustriales, deposición abierta de residuos urbanos y ausencia de obras de control, regulación y reservorios.”

Fonseca K, Ilbay M, (2017) afirman que la calidad del agua del río Cutuchi es catalogada como mala dentro de la clasificación con base a los críticos de Índice de Calidad de agua ICA-NSF.

Los principales contaminantes generados por las industrias y descargados directamente en el río Cutuchi son los siguientes según (Yáñez & Vásquez, 2015):

### **8.2.1. Sustancias químicas inorgánicas**

- Ácidos
- Compuestos de metales tóxicos

### **8.2.2. Sustancias químicas orgánicas**

- Derivados del petróleo
- Plásticos
- Plaguicidas
- Detergentes

### **8.3. Contaminación del agua por nitratos, fosfatos y demanda biológica de oxígeno**

#### **8.3.1. Contaminación del agua por nitratos**

La contaminación del agua por nitritos principalmente es producto de la excesiva fertilización y la inadecuada disposición del agua residual tanto industrial como doméstica. La contaminación del agua trae consigo consecuencias que repercuten en la salud de la población a corto, mediano y largo plazo (Ortiz, s. f., 2018).

Como por ejemplo en relación con la ingesta de agua contaminada por nitratos puede causar metahemoglobinemia, una enfermedad que se manifiesta principalmente en bebés de hasta 6 meses de edad y causa la disminución de la capacidad de transporte de oxígeno de los glóbulos rojos (Bolaños-Alfaro et al., 2017).

#### **8.3.2. Contaminación del agua por fosfatos**

En los últimos años, la presencia de fosfatos como contaminantes de agua ha adquirido mayor importancia debido a la escasez del recurso hídrico y a su deterioro creciente. (Rodríguez, 2009). Los fosfatos son componentes naturales de rocas y minerales que forman parte de fertilizantes y estiércoles de la materia orgánica proveniente de desechos urbanos, industriales y residuos agrícolas como así también de los detergentes de uso industrial y doméstico. En muchos casos, estas fuentes de contaminación son arrastradas o arrojadas a las acequias, canales, arroyos, ríos y lagos, constituyendo un grave problema ambiental (Lavie et al., 2010).

#### **8.3.3. Contaminación del agua por la demanda biológica de oxígeno**

El parámetro de polución orgánica más utilizado y aplicable a las aguas residuales y superficiales es la DBO a los 5 días ( $DBO_5$ ). Es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos durante la estabilización de la materia orgánica susceptible de descomposición en condiciones aerobias (Romero, 2005).

Aunque la tendencia del mejoramiento de la calidad del agua está en aumento por lo menos en cuanto a demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ). En la actualidad la contaminación de los ríos es un problema ambiental grave en donde las fuentes de materia orgánica son diversas y entre ellas se encuentran las actividades agrícolas, industriales y las aguas residuales generadas en zonas urbanas y rurales (Muñoz-Nava et al., s. f.).

#### **8.4. Contaminación del río Cutuchi por nitratos y fosfatos**

La microcuenca del río Cutuchi se encuentra en una situación crítica de contaminación como consecuencia de las descargas de aguas residual por parte de las poblaciones aledañas presentes a lo largo de los tramos del río, así como también por las descargas directas de industrias.

La población de ciudad de Latacunga tienen constantes inconvenientes a causa de la contaminación del río Cutuchi, debido a las inadecuadas prácticas agrícolas y ganaderas las cuales generan vertidos que incluyen la presencia de nitratos, de igual manera las descargas inadecuadas de jabones y detergentes contribuyen en la contaminación con presencia de fosfatos (Bermeo & Tigse, 2018).

Existen dos tipos de fuentes principales de contaminación del agua natural 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 se caracteriza por las actividades agronómicas (Vitousek et al., 1997).

Las principales rutas de ingreso de nitrógeno en el río Cutuchi son principalmente a través de aguas residuales industriales o municipales, por tanques sépticos o descargas de corrales ganaderos, residuos animales (incluyendo aves y peces) (Bermeo & Tigse, 2018).

El río Cutuchi al transcurso de los años ha sufrido un incremento considerable de iones de fosfato, mismos que impiden la presencia de especies marinas. Mientras que debido a la presencia de iones de fosfato los cuales actúan como nutrientes para el crecimiento de algas existe la presencia desmedida de algas en el río, afectando 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 conduce a un proceso franco de eutrofización (Aguiar & Castillo, 2019).

#### **8.5. Métodos de tratamientos convencionales**

##### **8.5.1. Electrocoagulación**

Es una técnica utilizada para el tratamiento de aguas residuales, mediante la cual se desestabilizan las partículas contaminantes que se encuentran suspendidas, emulsionadas o disueltas en un medio acuoso, induciendo corriente eléctrica en el agua a través de placas

metálicas paralelas de diversos materiales, siendo el hierro y el aluminio los más utilizados (Mejía et al., 2006).

### **8.5.2. Procesos de biosorción**

Este proceso hace refiere a la captación de iones metálicos por medio de una biomasa viva o muerta, a través de mecanismos físicos y químicos, como la adsorción y el intercambio iónico. El proceso básico de biosorción es igual al proceso de adsorción y utiliza los mismos modelos matemáticos para cuantificar la remoción de un metal, en particular de una solución contaminada con éste (Sandoval, 2006).

### **8.5.3. Coagulación – Floculación**

Son procesos que se emplean con la finalidad de reducir altas cargas orgánicas. La coagulación desestabiliza las partículas en suspensión, es decir facilitar su aglomeración. En la práctica este procedimiento es caracterizado por la inyección y dispersión rápida de productos químicos. Mientras que la floculación tiene por objetivo favorecer con la ayuda de la mezcla lenta el contacto entre las partículas desestabilizadas. Estas partículas se aglutinan para formar un floc que pueda ser fácilmente eliminado por los procedimientos de decantación y filtración (Cárdenas, 2000).

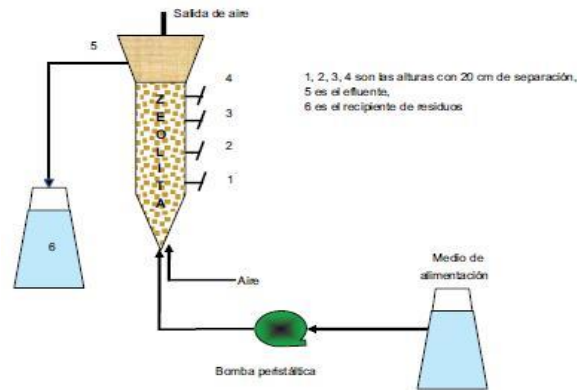
## **8.6. Métodos alternativos**

### **8.6.1. Bioadsorción**

Es un proceso fisicoquímico que incluye los fenómenos de adsorción y absorción de moléculas e iones, el cual busca principalmente la remoción de metales pesados en aguas residuales provenientes del sector industrial.

Generalmente se usa como solvente diferentes materiales de origen biológico (vivo o muerto), tales como: algas, hongos, bacterias, cáscaras de frutas, productos agrícolas y algunos tipos de biopolímeros. Estos materiales son de bajo costo y se encuentran en gran abundancia en la naturaleza, además, su transformación a biosorbente no es un proceso costoso (Tejada-Tovar et al., 2015).

**Imagen 3. Proceso de bioadsorción**



Fuente: (Sandoval, 2006)

### 8.6.2. Humedales artificiales

Los humedales son áreas que se encuentran saturadas por aguas superficiales o subterráneas con una frecuencia y duración tales que sean suficientes para mantener su condición. Los humedales cumple tres funciones fundamentales que es la fijación física de 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 en comparación de una planta de tratamiento convencional (Lara, Barcelona). Según (Craun et al., 2002), las plantas juegan un papel fundamental en estos sistemas siendo sus principales funciones:

- Airear el sistema radicular y facilitar oxígeno a los microorganismos que viven en la rizosfera.
- Absorción de nutrientes (nitrógeno y fósforo).
- Eliminación de contaminantes asimilándolos directamente en sus tejidos.
- Filtración de los sólidos a través del entramado que forma su sistema radicular.

**Imagen 4. Humedales artificiales**



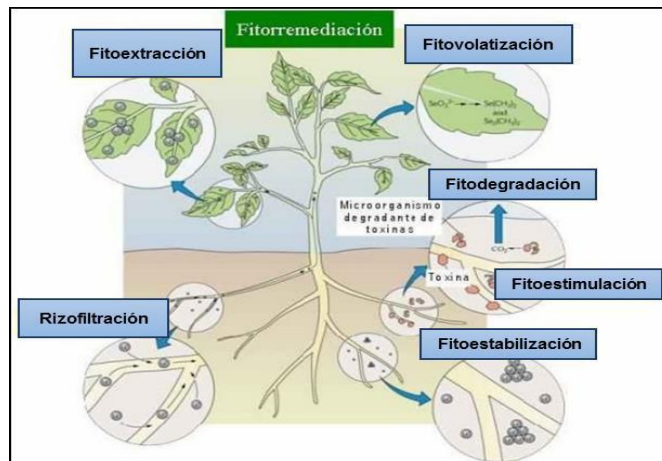
Fuente: (Craun et al., 2002)

### 8.6.3. Fitorremediación

La fitorremediación aprovecha la capacidad de ciertas plantas para absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes presentes en el suelo, aire, agua o sedimentos como: metales pesados, metales radioactivos, compuestos orgánicos y compuestos derivados del petróleo.

Esta fitotecnología ofrecen numerosas ventajas relacionadas con la amplia aplicabilidad y bajo costo en relación a las plantas de tratamiento convencional (Kadlec & Wallace, 2009). Es un conjunto de tecnologías que reducen in situ o ex situ la concentración de diversos compuestos a partir de procesos bioquímicos realizados por las plantas y microorganismos asociados a ellas (Delgadillo et al., 2011).

Imagen 5. Tipos de fitorremediación



Fuente: (Lara, L. 2017)

Además, es importante recalcar las principales ventajas se tiene al realizar un tratamiento de aguas contaminadas mediante la fitorremediación:

- Se puede realizar in situ y ex situ.
- Se realiza sin necesidad de transportar el sustrato contaminado, con lo que se disminuye la diseminación de contaminantes a través del aire o del agua.
- Es una tecnología sustentable.
- Eficiencia tanto para contaminantes orgánicos como inorgánicos.
- Bajo costo.
- No requiere personal especializado para su manejo.

Sin embargo, según (López & Vong, 2004) menciona ciertas desventajas:

- Es un proceso relativamente lento (cuando las especies son de vida larga, como árboles o arbustos)
- La solubilidad de algunos contaminantes puede incrementarse
- Mayor daño ambiental o migración de contaminantes.
- Se requiere de largos tiempos de puesta en marcha.
- Después de varios meses u año en sistemas de flujo subsuperficial, a varios años en sistemas de flujo superficial.
- Pocos o insuficientes parámetros de control durante la operación
- Dificultad de subsanación de errores de tipo constructivo o que influyen en el buen funcionamiento del humedal.
- Dependiendo del sistema de flujo del humedal, son más propensos a la colmatación del medio granular por la presencia de determinados contaminantes.
- La eficiencia del tratamiento tiene una sensibilidad muy alta en función de las condiciones ambientales, incluyendo las fuertes lluvias o la sequía.

## **8.7. Islas flotantes artificiales**

### **8.7.1. Descripción**

Una de las técnicas más eficientes y que están creciendo como acción directa o como mejora de sistemas ya existentes es el uso de las islas flotantes, los ecosistemas generados con este método son de gran productividad al combinar una exposición solar alta con una gran actividad microbiana, asociada a los sistemas radiculares de los elementos flotantes, capaz de descomponer grandes volúmenes de materia orgánica (Naturalea, 2018).

Las Islas Flotantes Artificiales (IFA) son una tecnología conocida también como FTWs (floating treatment wetlands) que están conformados por una estructura flotante en donde las plantas acuáticas emergentes crecen enraizadas en la superficie (Headley & Tanner, 2008).

Es una variación del sistema de tratamiento de humedales, es multifuncional ya que ayuda en la reducción de la propagación de contaminantes, conservación del hábitat, descontaminación del agua, depuración de aguas, paisajismo verde, puede reducir la penetración de la luz, la competencia por los nutrientes del agua e inhibir el crecimiento de algas. Además, es reportado que las especies utilizadas pueden absorber nutrientes nitrogenados excesivos, reducir nitrato y fosfato en aguas residuales.

### Imagen 6. Humedales artificiales



Fuente: (Headley & Tanner, 2008)

Algunas plantas incluso podrían degradar químicos tóxicos, por ejemplo, tricloroetileno. Las raíces de las plantas acuáticas proporcionar un espacio para que los microorganismos crezcan en los tallos de las plantas y la superficie de la raíz, que puede mejorar la eliminación de materia orgánica; estos efectos están relacionados con el oxígeno disuelto (OD). El uso de la vegetación elimina, degrada y secuestra agua contaminada (Lu et al., 2015).

#### 8.7.2. Historia

A lo largo de los años una de las alternativas más comunes para la descontaminación de aguas contaminadas es el uso de los humedales, mismos que son construidos con la finalidad de brindar un tratamiento de aguas residuales. Esta alternativa se inició en el año 1966 con los trabajos realizados por Kathe Seidel en el “Max Planck Institute” en Alemania, cuando ella encontró absorción y metabolización de nutrientes, sustancias orgánicas y tóxicas por parte de plantas (*Scirpus lacustris*). Años más tarde, Reinhold Kickuth (1981) desarrolló trabajos con esta tecnología incluyendo el concepto “Root zone method” con el uso de suelos de alto contenido de arcilla, lo cual ocasionó problemas hidráulicos y operacionales a los sistemas (Vargas, 2011).

Entre los años 70 y 80’s el concepto de humedales construidos fue introducido en deferentes países como Australia, Dinamarca, Reino Unido, Estados Unidos y otros reportándose como el primer sistema piloto construido en América entre 1973-1976 (Vymazal, 2005).

Algunas experiencias con islas flotantes se han evaluado en países como Alemania, Australia, Bélgica, China, Colombia, India, Italia, Nueva Zelanda, Reino Unido, Singapur, Sri Lanka, Tailandia, Turquía y Uganda (Pavlineri et al., 2017).

### 8.7.3. Estructura

Para asegurar la durabilidad, resistencia y eficiencia en el proceso de remediación ambiental mediante el sistema IFA, se diseñó los lechos flotantes considerando los parámetros físicos y biológicos. Por lo cual es relevante considerar las materias, materiales y su disposición en el lecho flotante, como:

- Flotabilidad

La flotabilidad, puede ser provista en las estructuras de las IFA por tubos de polivinilo o polipropileno sellados.

- Medio de crecimiento

El medio de crecimiento de las plantas tiene que ser seleccionado con precaución para favorecer el desarrollo de las raíces de las macrófitas, así como su colonización por biopelículas (Fonseca et al., 2017). Para ello es recomendable rellenar la estructura interna con fibras naturales como las de coco, caña de bambú, caña y paja de cebada o con polímeros sintéticos.

**Imagen 7. Matriz flotante**



Fuente: (Amagua, P & Canchig, J, 2019)

### 8.7.4. Funcionamiento

Las islas flotantes (IFA) poseen un diseño similar a los sistemas flotantes naturales existentes en diferentes cuerpos de agua, ya que están estructurados por una estera orgánica gruesa flotante que soporta el crecimiento de las plantas (Yeh et al., 2015).

El sistema IFA inicia su funcionamiento en el instante en que la sección sumergible (raíz) de la planta es puesta en contacto con el agua a tratar, ya que esta juega un papel importante en los procesos de tratamiento de agua.

Mientras que los contaminantes presentes en el agua que circula por debajo de la estera (matriz flotante), son removidos por la superficie de las raíces dando lugar a la formación de biopelículas. Los principales componentes para dar origen a la matriz flotante son:

- **El sustrato**

Sirve de soporte a la vegetación, permitiendo la fijación de la población microbiana, que va a participar en la mayoría de los procesos de eliminación de los contaminantes.

- **La vegetación (macrófitas)**

Contribuye a la oxigenación del sustrato, a la eliminación de nutrientes y sobre la que su parte subterránea también se desarrolla la comunidad microbiana, todos estos aspectos contribuyen en el tratamiento del agua.

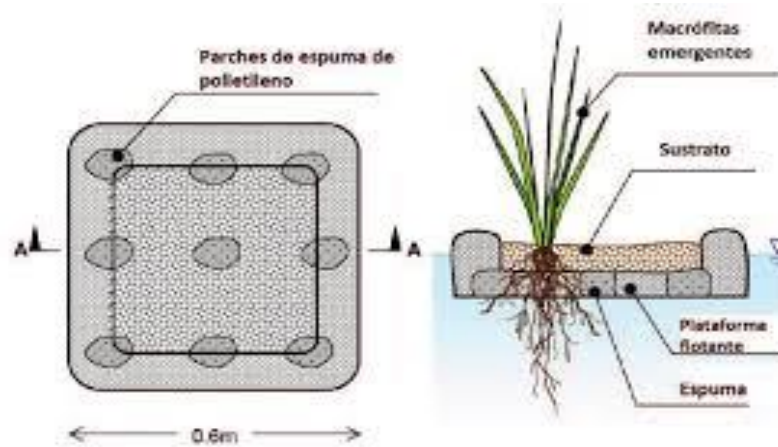
- **El agua a tratar**

El agua a tratar se encuentra en constante circulación a través del sustrato y de la vegetación que se haya implementado.

Los mecanismos involucrados en la eliminación de los principales contaminantes presentes en las aguas residuales urbanas, mediante el empleo de islas flotantes según (Aguiar & Castillo, 2019) 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 la utilización de mecanismos de nitrificación – desnitrificación y de igual manera precipitación.
- Eliminación de patógenos mediante adsorción, filtración o depredación.
- Eliminación de metales pesados como cadmio, cinc, cobre, cromo, mercurio, selenio, plomo, etc.

**Imagen 8. Funcionamiento del Sistema IFA**



Fuente: (Martelo & Lara, 2012)

## 8.8. La especie achira (*Canna indica*)

### 8.8.1. Descripción de la especie

La especie vegetativa achira (*Canna indica*) perteneciente a la familia Cannaceae, es originaria de la zona andina cuyo vocablo es de origen quechua. Es una especie que probablemente fue domesticada en la zona andina, desde Colombia hasta Ecuador, con una rápida dispersión desde México hasta el norte de Chile, debido a que es una especie de fácil adaptación.

La especie vegetativa achira comúnmente es cultivada para la producción de almidón desde 1.200 años antes de Cristo aproximadamente (Lobo-Arias et al., 2016).

**Imagen 9. Especie vegetativa achira (*Canna indica*)**



Fuente: Amagua, P & Canchig, J. (2019)

### 8.8.2. Información taxonómica

**Tabla 3. Información taxonómica**

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

Fuente: (CABI, 2016).

Elaborado por: Amagua, P & Canchig, J. (2019)

### 8.8.3. Morfología

La achira (*Canna indica*) es una planta rizomatosa, perenne, erguida, robusta, que llega a alcanzar hasta los 3,5 m de altura. Los rizomas de la planta se ramifican horizontalmente llegando a medir hasta 60 cm de largo y 10 cm de diámetro, posee segmentos carnosos muy parecidos a los cormos, cubiertos con hojas de escamas y raíces fibrosas gruesas. La achira posee un tallo es carnoso el cual surge del rizoma, generalmente tiene de 1 a 1,5m de altura, mismo que a menudo cuenta con un teñido de color púrpura. Sus hojas están dispuestas en espiral con grandes vainas abiertas, a veces poco pecioladas y alcanzan hasta 60cm x 15 - 27cm, posee una base redondeada a cuneada, atenuando gradualmente la vaina, ápice acuminado, nervio central prominente, parte inferior a menudo ligeramente violáceo. Posee inflorescencia terminal, racimosa, generalmente simple pero a veces ramificada, con flores bisexuales, simples o pareadas, irregulares (CABI, 2016).

### 8.8.4. Fenología

#### **Latencia/dormancia**

En Colombia y países de América del Sur la latencia de la achira (*Canna indica*) se efectúa en los meses de octubre y noviembre debido a que es época de avenidas y, por ende más lluvia (Najarro, 1995).

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

La planta de achira es una especie que se reproduce por semilla y vegetativamente a través de sus tallos subterráneos carnosos (es decir, rizomas). De igual manera se considera que se puede

dar vida a una planta de achira a partir de las semillas mismas que con ayuda de las aves se dispersan en el medio, mientras que las semillas y los rizomas también pueden propagarse por las inundaciones y en los desechos de los jardines (Weeds of Australia., 2016).

### **Crecimiento y desarrollo**

El crecimiento de la achira se da a partir de los esquejes de rizomas, mismos que se convierten en plantas cosechables en 6 - 8 meses después de la siembra. En las regiones tropicales, la floración comienza unos meses después de la siembra y las flores continúan apareciendo mientras la planta viva. En regiones donde se puede esperar escarcha, los rizomas deben levantarse e hibernarse a aproximadamente 7° C. Un rizoma se considera maduro cuando la hendidura triangular en la hoja de la escala exterior del rizoma se ha vuelto (Weeds of Australia., 2016).

### **Distribución**

La achira (*Canna indica*) es de origen sudamericano, la misma que se ha distribuido en todo el mundo ya que es una planta que se adapta con facilidad y generalmente se desarrolla en climas tropicales y subtropicales (Peña & Infante, 2012).

### **Requerimientos medioambientales**

La achira (*Canna indica*) se desarrolla adecuadamente en varios climas tropicales y subtropicales. Es una planta que parece ser neutral durante todo el día, ya que crece y florece bajo una amplia gama de condiciones fotoperiódicas. Esta especie se ve afectada por la sequía, pero tolera la humedad excesiva (pero no la saturación de agua). Es una especie muy tolerante a la sombra y tiene un crecimiento normal en cual ocurre generalmente en temperaturas superiores a 10 ° C, pero también sobrevive a altas temperaturas de 30-32°C y tolera las heladas ligeras.

Puede cultivar desde el nivel del mar hasta los 2700msnm, pero prospera en climas montañosos tropicales o subtropicales templados, entre los 800 y 1850msnm y precipitaciones anuales mínimas de 500mm y hasta de 1.200mm. Crece muy bien en suelos livianos de textura franca o franco-limosa. Los suelos preferidos son margas arenosas profundas, ricas en humus (CABI, 2016). Tolerancia a la acidez y crece en pH de 4.5 a 8.0, su mejor comportamiento se observa en pH de 5.0 a 6.5 (Peña & Infante, 2012).

## Crecimiento

El crecimiento de la achira (*Canna indica*) según Cenzano, (1997) se da a partir de un rizoma – semilla, dentro del cual se diferencia tres etapas:

- **Etapa 1:** Se inicia el crecimiento del tallo y del corno de primer orden, desarrollándose tallos aéreos y raíces. Este periodo tiene una duración de tres meses.
- **Etapa 2:** Dura de 6 a 9 meses, incluyendo el desarrollo de cormos de segundo, tercer y cuarto orden.
- **Etapa 3:** Se inicia la decadencia de la planta, con formación de yemas secundarias en los cormos que no producen tallos muy desarrollados y el secamiento de los tallos más viejos.

Además, es importante considerar que según (Vicente, 2014) menciona que del estudio referente a las fases fenológicas de achira (*Canna Indica*), según la escala general propuesta por la BBCH (Es la escala extendida creada por el centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura de Alemania), se determinó diez estadios con su respectiva duración en días considerando los 365 días de cultivo:

**Tabla 4. Fenología de la achira (*Canna indica*) propuesta por la BBCH**

<b>Estadios</b>	<b>Descripción fenológica</b>	<b>Duración (días)</b>
<b>0</b>	Brotación de yemas	8
<b>1</b>	Desarrollo de las hojas del tallo principal	91
<b>2</b>	Formación de brotes laterales o ahijamiento	164
<b>3</b>	Crecimiento longitudinal del tallo principal. Desarrollo de brotes	127
<b>4</b>	Desarrollo foliar de los hijuelos	87
<b>5</b>	Emergencia de las inflorescencia	50
<b>6</b>	Floración del tallo principal	63
<b>7</b>	Desarrollo del fruto del tallo principal	41
<b>8</b>	Maduración de frutos y semillas	56
<b>9</b>	Senescencia, comienzo de la dormancia, cosecha	33

Fuente: (Vicente, 2014)

### Imagen 10. Etapas fenológicas de la achira

Imagen 9 (A) Desarrollo de brotes Imagen 9 (B) Desarrollo foliar Imagen 9 (C) Maduración



Fuente: Amagua, P & Canchig, J. (2019)

En tanto que según la metodología de la FAO se estableció que la etapa inicial del crecimiento de la achira dura 57 días, dando paso a la etapa de desarrollo del cultivo la cual se efectúa dentro de los 119 días, seguido de la etapa de mediados de temporada 100 días a partir de la culminación de la etapa de desarrollo del cultivo y posteriormente la etapa de finales de temporada 89 días. Es decir, que el ciclo total del cultivo se da en 365 días.

## 9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS

¿La evaluación de la remoción de contaminantes del sistema IFA con achira permitirá determinar un modelo de regresión lineal simple para la remoción de contaminantes?

La evaluación de la remoción de contaminantes del sistema IFA con achira se lo realizó a través de un proceso de correlación entre el crecimiento de la planta y los resultados de los muestreos obtenidos, para lo cual se realizó un análisis estadístico con la finalidad de determinar la relación entre los parámetros analizados, a partir del crecimiento aéreo y radicular de la planta achira y cada uno de los contaminantes analizados ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$ ). A partir del cual, se obtuvo las variables que tienen mayor relación entre sí.

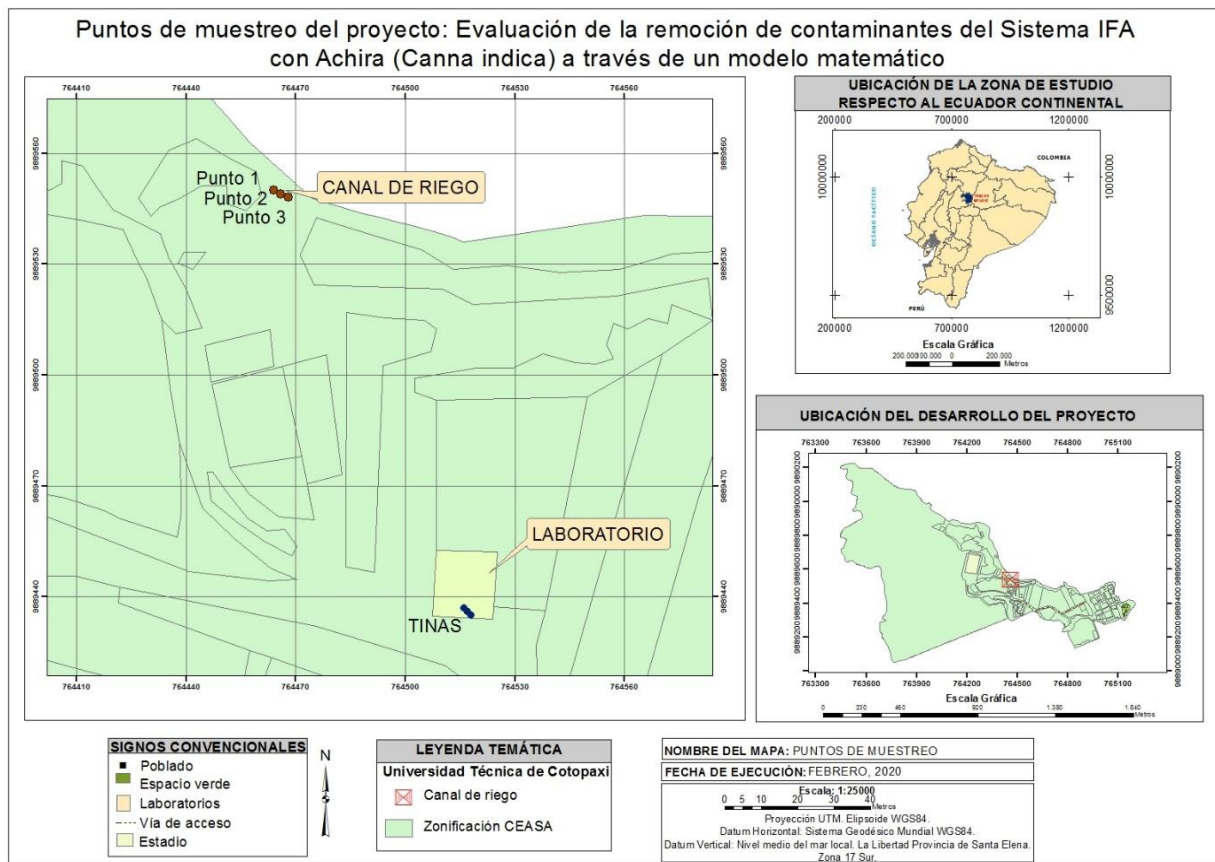
Además, tomando en cuenta los días en los que se realizó el trabajo de investigación se obtuvo dos ecuaciones de regresión lineal, considerando los nutrientes (nitratos y fosfatos) objeto de estudio. A fin de determinar la remoción de dichos contaminantes en relación al tiempo (días). Tomando en consideración que las ecuaciones tendrán una validez según su etapa fenológica.

## 10. METODOLOGÍA

### 10.1. Área de estudio

El presente proyecto, se realizó en la Universidad Técnica de Cotopaxi, parroquia Eloy Alfaro, perteneciente al cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi. Para la presente investigación se seleccionó tres tramos diferentes dentro del canal de riego presente en el área de estudio (Figura 1).

**Figura 1. Sitio del muestreo y ubicación del ensayo**



Elaborador por: Amagua, P & Canchig, J. (2019)

### 10.2. Muestreo del canal del riego Latacunga-Salcedo-Ambato

Para seleccionar el agua de ingreso al ensayo (tinajas), se realizó el muestreo inicial del agua, la cual presentó los siguientes rangos de contaminantes (ver tabla 5). Considerando los resultados del análisis químico inicial del canal de riego, se estableció llevar a cabo la investigación partiendo con la recolección del agua del punto 3, debido a que cuenta con rangos de contaminación superior a los otros 2 puntos analizados. Sin embargo, para la determinación de la funcionalidad del proyecto de investigación se adicionó contaminantes extras a fin de aumentar las concentraciones iniciales del agua objeto de estudio.

**Tabla 5. Puntos de muestreo inicial para la selección del agua**

Punto	Coordenadas Universal Transversal de Mercator –WGS 84, Zona 17S		DBO <sub>5</sub>	PO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	pH
	X	Y				
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: Amagua, P & Canchig, J. (2019)

### 10.3. Ubicación del ensayo (tinajas)

El presente proyecto está ubicado dentro del invernadero adaptado en la terraza de los laboratorios de la Universidad Técnica de Cotopaxi (Figura 1). Para lo cual se dispuso de 3 tinajas de polietileno con asiento de plástico mineralizado, de capacidad de 120lts. Mismas que proporcionaron el medio adecuado para la realización del proyecto de investigación, el cual tiene como finalidad conocer la evaluación de la remoción de nitratos, fosfato y disminución de DBO<sub>5</sub>.

### 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 5m 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.

### 10.5. Construcción de la matriz flotante

- Materiales

La matriz flotante fue construida a base de:

- 4 tubos PVC
- 4 codos PVC
- 1 malla plástica de 1,5cm de abertura, tubo y codos PVC.

## Ensamblado de la matriz flotante

Se construyó la matriz flotante de forma cuadrada con 4 tubos PVC de 40cm cada uno y en sus respectivas uniones codos PVC los cuales fueron ensamblados con silicona. Para a malla plástica se fijó en toda la estructura por medio de correas plásticas.

## 10.6. Implementación de sustrato

### 10.6.1. Elaboración del sustrato

El sustrato fue compuesto por:

- **Fibra de coco**

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

**Imagen 11. Fibra de coco**



Fuente: Amagua, P & Canchig, J. (2019)

- **Pumina o piedra pómez**

La pumina fue triturada manualmente en dimensiones pequeñas e incorporadas al sistema, con la finalidad de dar resistencia a la especie vegetal achira (*Canna indica*).

### 10.6.2. Aplicación del sustrato en el sistema

Considerando la morfología de la especie vegetal achira (*Canna indica*) se realizó la combinación de los sustratos a ser incorporados a la matriz flotante. Siendo estos la fibra de coco y la pumina, detallados en la tabla 6:

**Tabla 6. 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.	0,48	64
Pumina	Estructura porosa que permite la fijación y sostén de la especie.	0,40	44

Fuente: (Gosalbez, C, 2012)

Elaborado por: Amagua, P & Canchig, J. (2019)

### 10.7. Adecuación del cuerpo hídrico

Para la presente investigación se dispuso 3 tinas con las siguientes características:

- Capacidad de 120lts
- Medidas: radio de 0,34 m y una altura de 0,4 m
- Sistema aireador por medio de bombas de aire oxigenado compresor 5W

### 10.8. Incorporación de la achira (*Canna indica*) al sistema

La especie vegetativa achira (*Canna indica*) se obtuvo de las riberas de la quebrada “El Murco” ubicada en el cantón Mejía, provincia de Pichincha.

**Tabla 7. Ubicación de la procedencia de la especie vegetativa achira**

Coordenadas Universal Transversal de Mercator –WGS 84, Zona 17S		
X	Y	Altitud
771201	9948713	2807

Fuente: (Amagua, P & Canchig, J, 2019)

Elaborado por: Amagua, P & Canchig, J. (2019)

Se recolectó un total de 27 plántulas de achira (*Canna indica*) de aproximadamente 10cm cada una. Mismas que fueron trasladadas al área de estudio y directamente colocadas en la matriz flotante, donde se dispuso un total de 9 especies por cada matriz flotante, distribuidas en tres filas por tres columnas. Una vez colocada la achira se cubrió con una capa de fibra de coco debidamente preparada y de igual manera se colocó la pumina con la finalidad de brindar sostén a la especie.

Una vez concluido el sistema de la matriz flotante, se colocó en las tinas con el agua tomada del punto 3 del canal de riego (tabla 5), con el respectivo sistema de aireación mediante una bomba sumergible.

### **10.9. Protocolo de toma de muestras (INEN 2169) LABIOTEC**

El laboratorio acreditado LABIOTEC con la finalidad de asegurar las condiciones de las muestras recolectadas, se sigue el siguiente protocolo:

- **Llenado del recipiente**

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.

- **Refrigeración de las muestras**

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

- **Transporte de las muestras**

Las muestras fueron transportadas dentro de un cooler con la finalidad de brindar a la muestra un ambiente seco y protegido de la luz directa.

**Imagen 12. Transporte de las muestras**



Fuente: Amagua, P & Canchig, J. (2019)

- **Etiquetado**

El etiquetado se realizó in situ considerando todos los campos establecidos por el laboratorio para su respectivo análisis. La información detallada en la etiqueta sirvió de basa para la generación de la cadena de custodia otorgada por el laboratorio “Labiotec”

**Imagen 13. Etiqueta**

Coordenadas: .....  
 .....  
 Ubicación: .....  
 Nombre: .....  
 Número de muestra: .....  
 Hora de la toma de muestra: .....  
 Observaciones: .....

Elaborado por: Amagua, P & Canchig, J. (2019)

### 10.10. Proceso de investigación

El proceso de investigación se desarrolló mediante 4 etapas:

La primera etapa pertenece al periodo de adaptación el cual abarca la recolección e implementación de la especie vegetativa achira (*Canna indica*) dentro de la matriz flotante. Durante el periodo de adaptación de la planta achira no se observó marchitez o muerte de ninguna de las plántulas seleccionadas para el proceso de investigación, además, con la finalidad de mejorar el desarrollo de la planta se aplicó por una sola vez enraizante “Econatur” en cada una de las tinas.

La segunda etapa abarca el periodo de desarrollo de la planta, donde se apreció el crecimiento progresivo de hojas, tallos y raíz, de igual manera se identificó el apareamiento de nuevos brotes.

La tercera etapa denominada “ensayo 1”, abarca dos muestreos in situ (muestreo 1 y 2). Donde antes de realizar el muestreo inicial se adicionó fosfato monoamónico (14,4g) y urea (3,45g) con la finalidad de partir la investigación considerando un medio contaminado en mayor medida. Una vez adicionado dichos contaminantes se realizó el muestreo 1 y 14 días después con el objetivo de verificar la efectividad del sistema IFA se realizó el muestreo 2.

Finalmente, la cuarta etapa denominada “ensayo 2”, abarca de igual manera dos muestreos in situ (muestreo 3 y 4). Donde tomando en consideración la disminución del agua en las tinas se agregó 35lts de agua en cada tina y se adicionó el doble de los contaminantes iniciales, es decir, fosfato monoamónico (28,8g) y urea (6,9g) con la finalidad de conocer la funcionalidad del sistema imitando una zona de contaminación crítica, a partir de esta concentración se realizó de igual manera dos muestreos (muestreo 3 y 4).

**Tabla 8. Periodo de adaptación, desarrollo y muestreo in situ de achira (*Canna indica*)**

	<b>Etapa</b>	<b>Fecha del muestreo</b>	<b>Periodo</b>	<b>Sustrato agregado</b>	<b>Fecha de aplicación</b>
	Adaptación	15/07/2019	35 días	20g de Enraizante “Econatur”	1/08/2019
	Desarrollo	19/08/2019	52 días	N/A	N/A
Ensayo 1	Primer muestreo	30/10/2019	26 días	Fosfato monoamónico: 14,4 g Urea: 3,42 g	19/10/2019
	Segundo muestreo	13/11/2019	14 días	N/A	N/A
Ensayo 2	Tercer muestreo	04/12/2019	21 días	Fosfato monoamónico: 28,8 g Urea: 6,9 g	30/10/2019
	Cuarto muestreo	19/12/2019	14 días	N/A	N/A

Fuente: (Amagua, P & Canchig, J, 2019)

Elaborado por: Amagua, P & Canchig, J. (2019)

### 10.11. Determinación del porcentaje de remoción

Para la presente investigación se realizó un total cuatro muestreos en cada una de las tinas objeto de estudio. Mismas que fueron distribuidas en los dos ensayos, siendo el ensayo uno la información correspondiente a los dos primeros muestreos, mientras que para el ensayo dos corresponden a los dos últimos muestreos (tabla 8).

Para determinar el porcentaje de remoción se promedió los valores de los muestreos de las tres tinas, para lo cual se consideró únicamente los nutrientes (nitratos y fosfatos), en cada uno de los ensayos, obtenidos a través de la ecuación 1.

#### Ecuación 1. Porcentaje de remoción

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

Donde:

$\%R_N$  = Porcentaje de remoción del contaminante

$C_0$  = Valor de concentración del parámetro inicial

$C_1$  = Valor de concentración del parámetro final

### 10.12. Correlación entre el crecimiento radicular y aéreo de la planta y los contaminantes

Se determinó la correlación entre el crecimiento radicular y aéreo (tallos y hojas) con los parámetros  $DBO_5$  y pH y los nutrientes nitratos y fosfatos.

Para lo cual se consideró los promedios del crecimiento de la especie vegetativa achira de la (raíz, tallo y hojas) de mayor tamaño de cada una de las matrices flotantes. De igual manera se trabajó con el promedio de los muestreos realizados en el caso del  $DBO_5$  y pH y el promedio del porcentaje de remoción de los nitratos y fosfatos (en valores decimales), para ambos ensayos (ver anexo 2).

Para determinar la correlación entre los contaminantes y el crecimiento radicular y aéreo se realizó directamente en Excel, mismo que utilizó la ecuación de Spearman detallada a continuación:

#### Ecuación 2. Correlación

$$Correl(X, Y) = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \sum(y - \bar{y})^2}}$$

Donde:

X: Promedio (matriz 1)

Y: Promedio (matriz 2)

### 10.13. Modelo de regresión lineal simple

Se aplicó el modelo de regresión lineal simple considerando los valores de los contaminantes calculados para la correlación, en base al tiempo (días) de remoción. Para lo cual se realizó el modelo de regresión lineal simple en el en el programa RStudio (ver anexo 3, coeficientes para el modelo anexo 4). Además, para determinar su validez se tomó en cuenta la etapa fenológica a la que pertenecen según los días de remoción con los que se trabajó y en base a los estudios realizados por (Vicente, 2014).

## 11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

A continuación, se detallan los resultados obtenidos a través del proceso de investigación:

### 11.1. Desarrollo de la achira (*Canna indica*)

Considerando las mediciones finales (promedios) establecidas en la tabla 9, se determinó que el crecimiento de la planta fue progresivo considerando desde el periodo de adaptación hasta el muestreo final. El crecimiento de la planta achira fue de aproximadamente 20cm en el crecimiento radicular y de 70cm aproximadamente en el aéreo.

Dentro de la etapa inicial que comprende el periodo de adaptación al periodo de desarrollo, transcurrieron 77 días, dentro del cual se obtuvo un desarrollo radicular de 26,22cm (anexo 1, fotografía 13) y aéreo (tallo y hojas) de 48,33cm. Corroborando estos datos según los estudios fenológicos realizados por (Vicente, 2014), donde se conoce que durante los primeros 91 días de su investigación existe un crecimiento aéreo de 53cm, por lo tanto, los resultados obtenidos en la presente investigación no difieren en gran medida con los estudios existentes. A pesar de que las condiciones fueron distintas.

Es importante recalcar que para la presente investigación las plantas se desarrollaron en el agua, mientras que la investigación de (Vicente, 2014) se realizó en el suelo.

**Imagen 14. Crecimiento de las raíces en las 3 tinas al inicio de los muestreos**

**Imagen 13 (A) Crecimiento tina 1 Imagen 13 (B) Crecimiento tina 2 Imagen 13 (C) Crecimiento tina 3**



Fuente: (Amagua, P & Canchig, J, 2019)

**Imagen 15. Crecimiento de las raíces al final de la investigación**

**Imagen 14 (A) Crecimiento tina 1    Imagen 14 (B) Crecimiento tina 2    Imagen 14 (C) Crecimiento tina3**



**Fuente:** (Amagua, P & Canchig, J, 2019)

Igualmente, este autor estableció después de 5 meses desde su cultivo de achira posee un crecimiento aéreo de 96,70 cm. Mientras que en el presente estudio se obtuvo una altura de 109,33cm. Es decir, un mayor crecimiento, debido posiblemente a las diferentes condiciones de cada estudio, ya mencionadas.

En lo que respecta al crecimiento aéreo (Aguiar&Castillo, 2019), presenta en su estudio un crecimiento de 26cm en 49 días, mientras que, en la presente investigación después de 35 días la achira mostró un desarrollo de 21cm. Valores que no difieren en gran medida entre sí.

**Tabla 9. Periodo de adaptación, desarrollo achira (*Canna indica*)**

Etapa	Fecha	CRECIMIENTO	
		Radicular (cm)	Aéreo (cm)
<b>Adaptación</b>	15/07/2019	21,00	38,83
<b>Desarrollo</b>	19/08/2019	26,22	48,33
<b>Ensayo 1</b>	30/10/2019	36,67	88,67
	13/11/2019	37,33	96,17
<b>Ensayo 2</b>	04/12/2019	38,67	105,83
	19/12/2019	40,67	109,33

**Fuente:** (Amagua, P & Canchig, J, 2019)

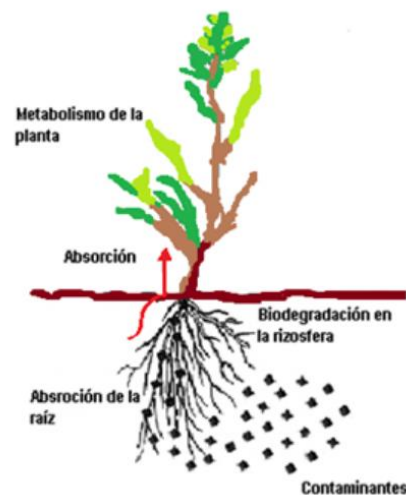
**Elaborado por:** Amagua, P & Canchig, J. (2019)

## 11.2. Resultados de Nitratos: Ensayo 1 y 2

Mediante la relación presentada en la figura 2., se evidencia que en los dos ensayos existió una remoción considerable de nitratos. Presentando en el ensayo uno la remoción del 64%, mientras que en el ensayo dos una remoción del 72%. Siendo este el parámetro que tuvo mayor aceptación por el sistema IFA en la remoción de contaminantes. Ya que existe una asimilación de las raíces de la especie vegetativa achira (*Canna indica*) en el sistema.

Esto se debe a que, al trabajar en la investigación con las plantas y estas son organismos autotróficos que pueden sintetizar sus componentes moleculares orgánicos a partir de nutrientes inorgánicos obtenidos del medio ambiente. Donde la primera etapa de este proceso es la reducción de nitrato a nitrito en el citoplasma, dado que el nitrito formado es altamente reactivo, siendo un ion potencialmente tóxico. Las células vegetales lo transportan inmediatamente después de ser generado por la reducción del nitrato desde el citoplasma a los cloroplastos en las hojas, y a los plástidos en las raíces. En estas organelas la enzima nitrito reductasa reduce el nitrito a amonio. Las células vegetales evitan la toxicidad del amonio incorporándolo rápidamente en los esqueletos carbonados para formar aminoácidos (Pereyra, 2001).

**Imagen 16. Eliminación de contaminantes**



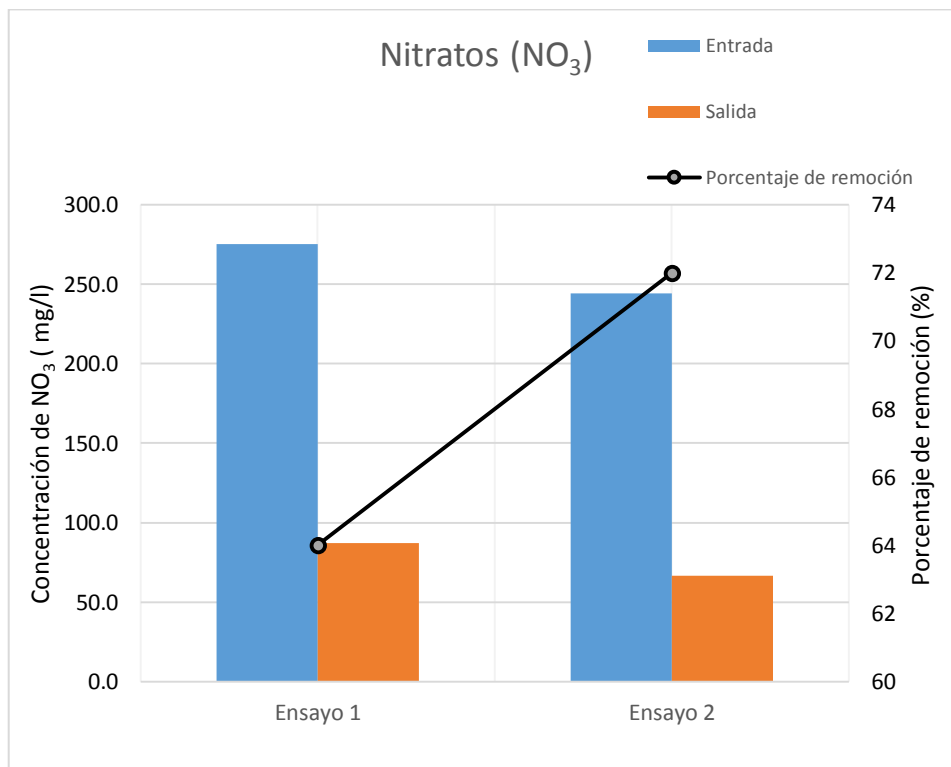
Fuente: (Núñez, 2049)

Uno de los principales procesos que ocurren en el tratamiento de aguas residuales, es la degradación de la materia orgánica que llevan a cabo los microorganismos que viven sobre y alrededor de las raíces de las plantas. Los productos de degradación son absorbidos por las plantas junto con nitrógeno, fósforo y otros minerales. A su vez, los microorganismos usan como fuente alimenticia parte o todos los metabolitos desechados por las plantas a través de su raíz. Otro fenómeno importante es el relacionado con la atracción electrostática entre las cargas

eléctricas de las raíces de las plantas con las cargas opuestas de partículas coloidales suspendidas, las cuales se adhieren a la superficie de la raíz y posteriormente son absorbidas y asimiladas por las plantas y los microorganismos. Además, las plantas tienen la capacidad de transferir oxígeno desde sus partes superiores hasta su raíz, produciendo una zona aeróbica (Nuñez R., 2014)

Además, es importante mencionar el ciclo bioquímico del nitrógeno es algo complejo y da lugar a un gran número de transformaciones bióticas/abióticas que se producen en diferentes estados de oxidación. Habitualmente se suele encontrar en forma de amonio, nitritos, nitratos y nitrógeno orgánico. Donde, el principal mecanismo de eliminación de nitrógeno en los humedales es de origen microbiano y se basa, principalmente, en los procesos de amonificación, nitrificación y desnitrificación acoplados. Además de estos procesos, a la eliminación también contribuyen la adsorción de amonio por el medio granular y la asimilación realizada por las plantas (Vymazal, 2007).

**Figura 2. Nitratos**



Elaborado por: Amagua, P & Canchig, J. (2019)

### 11.3. Resultados de Fosfatos: Ensayo 1 y 2

Mediante la relación presentada en la figura 3., se evidencia que en el ensayo 1 existió una remoción en promedio del 5% de fosfatos, el cual está dado únicamente a los valores obtenidos

por la tina 2, ya que en la tina 1 y 3 no presentaron una remoción, es decir, tuvieron una remoción nula.

Tomando en consideración la remoción nula se debe posiblemente a que no existió una remoción efectiva debido al aumento de temperatura por las condiciones climáticas presentes en el periodo de investigación, mismo que hace que el oxígeno se disuelva menos en el agua y esta acelera la descomposición de la materia orgánica, dando paso a la incorporación de nutrientes al entorno.

De igual manera otra condición que afecta al incremento de fosfatos es que el cuerpo de agua objeto de estudio tiene circulación limitada, por lo que es más propensa a la eutrofización impidiendo la dispersión y dilución de los nutrientes (Chapa Cecilia, 2010). Además, es importante considerar las características de los humedales en relación a la presente investigación, ya que se establece que los humedales pueden funcionar en estado estacionario como un sistema de "flujo de tapón". Lo que quiere decir que el agua agregada a los humedales no se encuentra bien mezclada, lo que resulta en concentraciones típicamente altas cerca de los puntos de entrada, que disminuyen con la distancia desde la fuente. De igual manera los humedales que reciben flujos de agua que contienen fósforo exhiben gradientes similares. Por lo que hay que considerar que la concentración de fósforo es más alta en el punto de entrada y se diluye a medida que el fósforo se transporta en forma de tapón a través del humedal (Reddy & DeLaune, 2008).

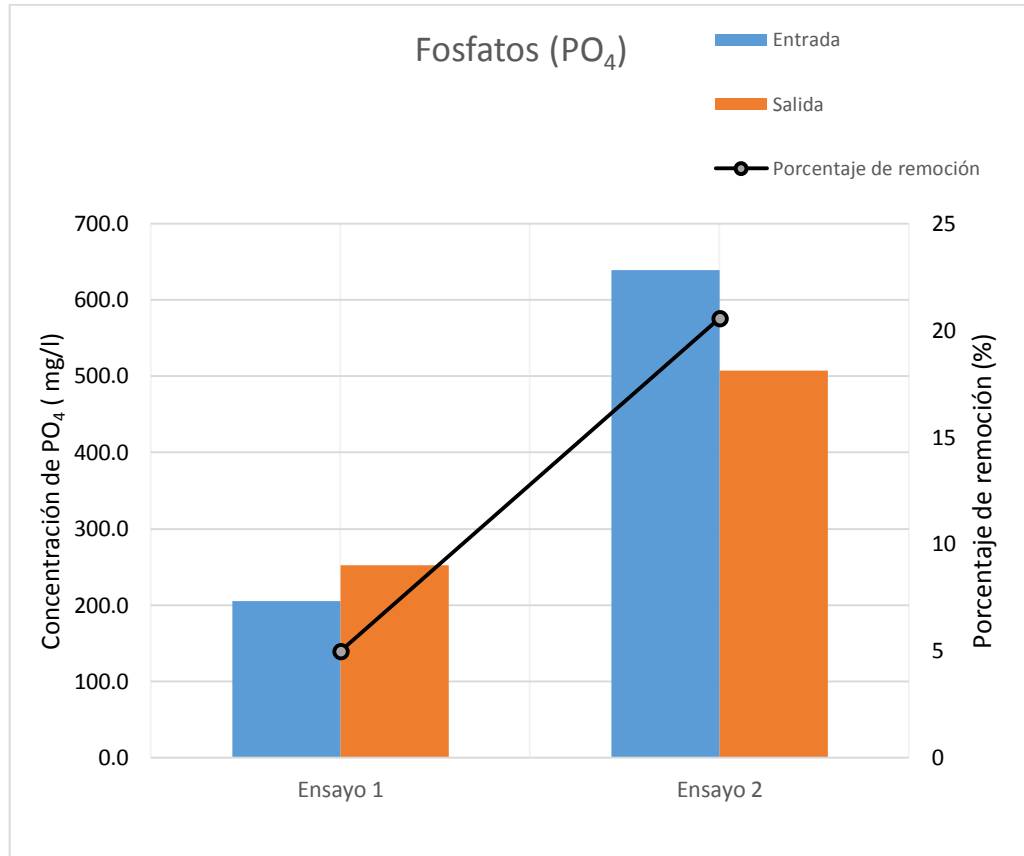
Mientras que para el segundo ensayo realizado en el sistema IFA presenta una remoción efectiva en las 3 tinas con un 21% en promedio. Para lo cual se considera la relación característica entre el presente proyecto y los humedales mencionados, donde el fósforo alcanza el flujo de salida al tener todos los humedales una capacidad de acumulación finita, ya que no existe un escape gaseoso en el sistema. Por lo tanto, todo el fósforo introducido en el sistema debe ser transformado o retenido por el sistema de alguna manera (Reddy & DeLaune, 2008). Lo que quiere decir que después de un determinado tiempo se reflejará una remoción de fosfatos.

Cabe mencionar que, si bien la remoción de fosfatos fue menor, la velocidad de remoción aumento en comparación a los nitratos. Es decir, durante los ensayos la remoción de los nitratos fue del 8%, mientras que la remoción de fosfatos fue del 21%.

Por lo cual es relevante mencionar que la eliminación del fósforo puede llevarse a cabo por vía biótica, que incluye la asimilación por parte de las plantas y los microorganismos, y la abiótica,

que consiste en la adsorción por parte del medio granular. El fósforo suele presentarse como fosfato en compuestos orgánicos e inorgánicos indiferentemente (Yáñez S, 2018).

**Figura 3. Fosfatos**



Elaborado por: Amagua, P & Canchig, J. (2019)

#### 11.4. Relación del crecimiento de la achira (*Canna indica*) y la remoción de contaminantes

Para determinar la relación entre el crecimiento radicular y aéreo con los contaminantes establecidos, se determinó el coeficiente de correlación entre estas variables, obteniéndose a partir de la ecuación (2):

Como indica en la figura 4 y 5, donde se presenta las correlaciones positivas entre el crecimiento radicular y aéreo con la remoción de nitratos y fosfatos, lo que quiere decir que a medida que crece la planta (crecimiento radicular y aéreo) aumenta las concentraciones de fosfatos y nitratos.

De igual manera se evidencia una correlación positiva con el DBO<sub>5</sub>, es decir dentro de la correlación presentada existe un aumento representativo de DBO<sub>5</sub> a medida que aumenta el crecimiento tanto radicular como aéreo.

Sin embargo, en lo que respecta al pH presenta una correlación negativa, es decir, mientras que aumenta el crecimiento radicular y aéreo el pH del agua disminuye, acidificando así el medio (tinajas).

Además, se presenta una correlación negativa entre el DBO<sub>5</sub> y el pH, es decir, que el aumento del DBO<sub>5</sub> tiene relación directa con la acidificación del agua. Cabe mencionar que la achira (*Canna Indica*), trabaja mejor en espacios ácidos según (Vicente, 2014). Así como también se menciona dentro del “Folleto Informativo pH” donde hace referencia que los nutrientes pueden afectar indirectamente al pH y contribuye en la estimulación del crecimiento de las algas, razón por la cual al inicio de la investigación en los dos ensayos se evidenció una proliferación de algas evidente, de igual manera una apariencia verdosa en las muestras recolectadas (anexo 1, fotografías 21,22).

De igual manera es relevante considerar que al trabajar con agua contaminada con fosfato, el proceso de eutrofización puede ser uno de los factores primordiales en el aumento de DBO<sub>5</sub> debido a que la presencia excesiva de fosfatos produce un aumento desmedido de algas, afectando a la cantidad de oxígeno y por ende al crecimiento descontrolado de materia orgánica viva, lo que produce una mayor tasa de descomposición.

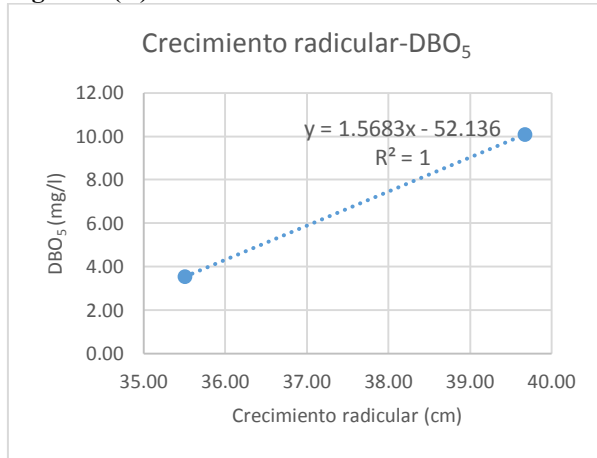
Para lo cual es importante considerar que el DBO<sub>5</sub> es un indicador de presencia de materia orgánica en las aguas residuales. Esto se debe a que tanto para el ensayo uno y dos se duplicó la carga de nutrientes (nitratos y fosfatos) en el cuerpo hídrico (tinajas) a partir de la adición de fosfato monoamónico y urea, lo que benefició el crecimiento de algas (Ramamlho, 2009).

Razón por la cual se considera que durante el proceso de descomposición en algas se puede generar un aumento en la demanda de oxígeno. Según (Pütz Petra, 2010) la descomposición de algas puede producir un aumento de DBO<sub>5</sub> de alrededor de 150g.

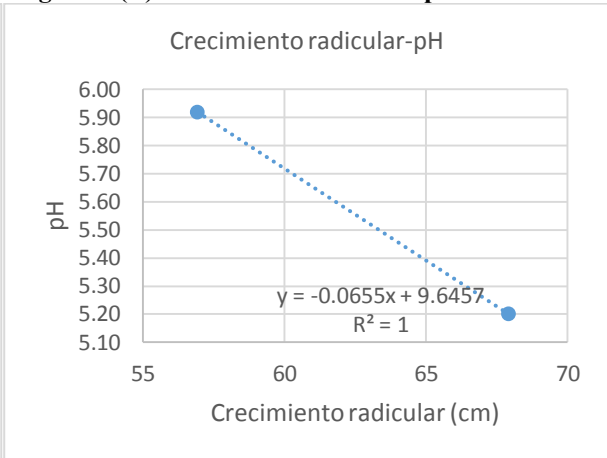
Tomando en consideración todo lo expuesto se expone que la presencia de algas dentro del agua residual (tinajas) afecta directamente en ensayo en lo que respecta al DBO<sub>5</sub>, ya que dentro del ensayo atraviesa un periodo de oscuridad, donde las algas mueren y las células residuales contribuyen en el incremento del contenido de materia orgánica llegando a valores más elevados de DBO<sub>5</sub>.

**Figura 4. Diagramas de dispersión del crecimiento radicular – contaminantes**

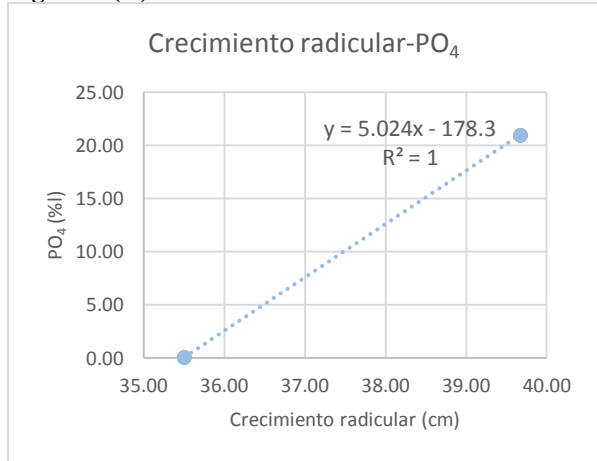
**Figura 4 (A) Crecimiento radicular-DBO<sub>5</sub>**



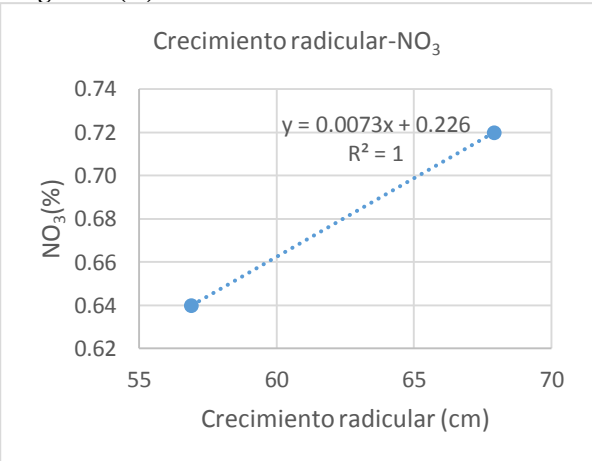
**Figura 4 (B) Crecimiento radicular-pH**



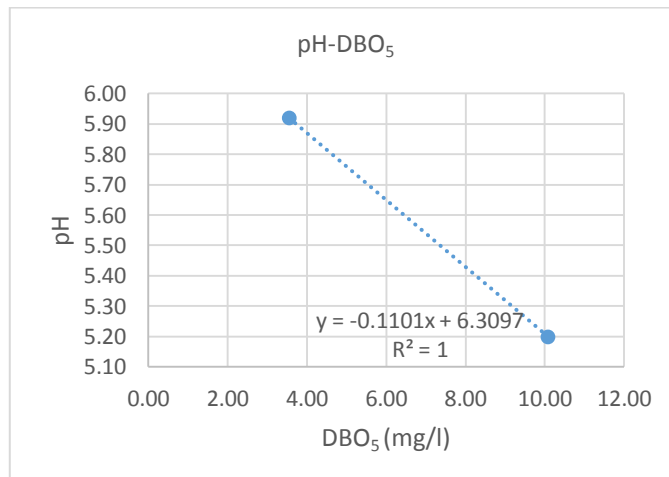
**Figura 4 (C) Crecimiento radicular-PO<sub>4</sub>**



**Figura 4 (D) Crecimiento radicular-NO<sub>3</sub>**



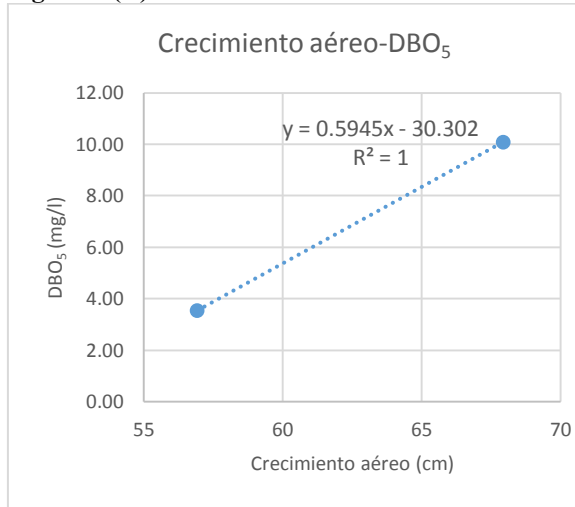
**Figura 4 (E) pH-DBO<sub>5</sub>**



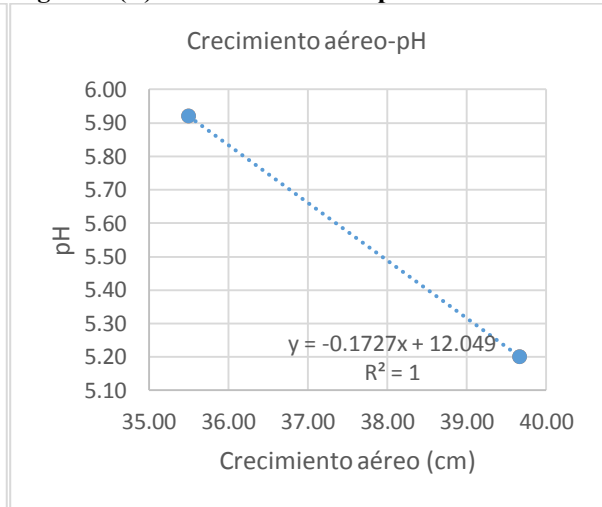
Elaborado por: Amagua, P & Canchig, J. (2019)

**Figura 5. Diagrama de dispersión de crecimiento aéreo – contaminantes**

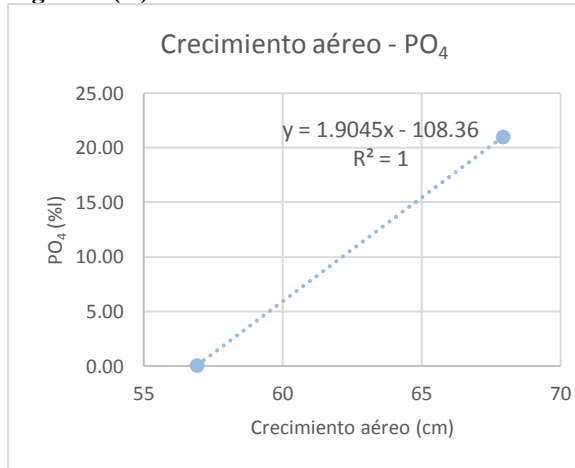
**Figura 5 (A) Crecimiento aéreo-DBO<sub>5</sub>**



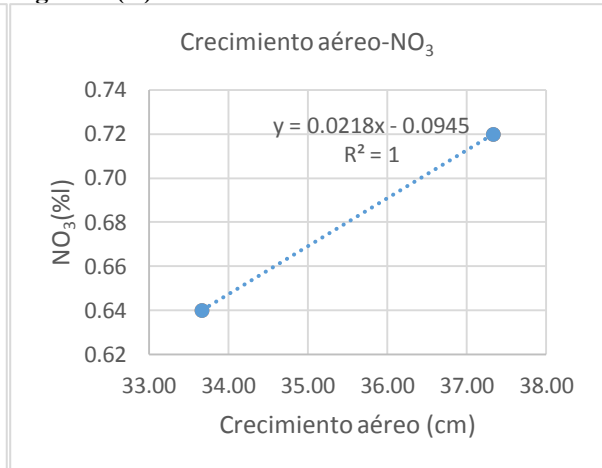
**Figura 5 (B) Crecimiento aéreo-pH**



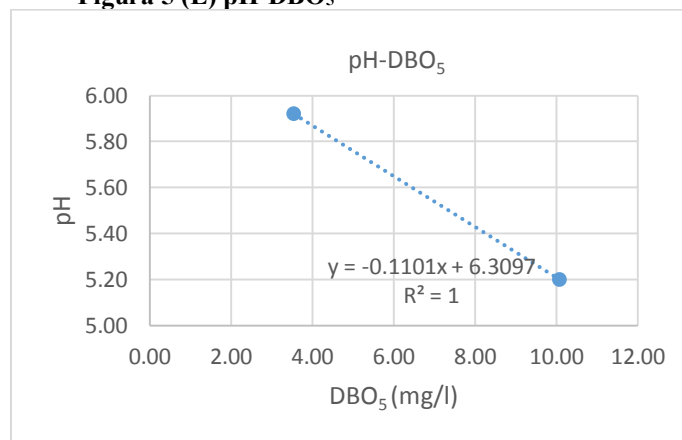
**Figura 5 (C) Crecimiento aéreo-PO<sub>4</sub>**



**Figura 5 (D) Crecimiento aéreo-NO<sub>3</sub>**



**Figura 5 (E) pH-DBO<sub>5</sub>**



Elaborado por: Amagua, P & Canchig, J. (2019)

### 11.5. Modelo regresión lineal simple

El modelo de regresión lineal se lo realizó en el programa RStudio mediante el cual se determinó dos ecuaciones, para determinar la remoción tanto de nitratos y fosfatos en base al tiempo (días) de remoción. Obteniéndose las siguientes ecuaciones:

#### Ecuación 3. Remoción de nitratos

$$R NO_3 = 0.002285(t) + 0.6080$$

#### Ecuación 4. Remoción de fosfatos

$$R PO_4 = 0.006(t) - 0.084$$

Para establecer la funcionalidad de las ecuaciones se debe tomar en cuenta que el tiempo de la achira (*Canna Indica*), desde la adaptación hasta el último muestreo fue de 5 meses. Sin embargo, el muestreo se lo realizó a partir del tercer mes. Por lo que según (Vicente, 2014) el periodo fenológico transcurrido es el del desarrollo foliar de los hijuelos y el inicio de la emergencia de la inflorescencia. Es decir, que las ecuaciones obtenidas tendrán validez durante dichas etapas.

Con la finalidad de determinar con mayor exactitud desde que día empieza la remoción, se aplicaron las ecuaciones obtenidas, se considera desde el día 0 hasta el día 49 y estableciendo el porcentaje de remoción, detallados a continuación:

Para el caso de nitratos la remoción empieza desde el día 0 (es decir, al inicio de la etapa de desarrollo foliar de los hijuelos), teniendo una remoción del 64%. Y para el día 49 se tiene que la remoción será del 72%. Además, en base a los cálculos realizados se obtuvo que cada cuatro días se obtuvo el 1% de remoción:

$$R NO_3 = 0.002285(0) + 0.6080 = 0.61$$

$$R NO_3 = 0.002285(49) + 0.6080 = 0.72$$

Para el caso de fosfatos la remoción empezará desde el día 15 (es decir, una vez que empezó la etapa de desarrollo foliar de los hijuelos), con una remoción del 1%. Mientras que para el día 49 se tiene que la remoción será del 21%. Cabe recalcar que la remoción es menor, en comparación a los nitratos, pero su velocidad aumenta. Es decir, cada dos días se obtuvo una remoción del 1%:

$$R PO_4 = 0.006(15) - 0.084 = 0.01$$

$$RPO_4 = 0.006(49) - 0.084 = 0.21$$

Estos valores fueron comprobados tanto con los análisis de los muestreos in situ como en la ecuación.

## **12. IMPACTOS**

El Sistema Islas Flotantes Artificiales (IFA) presenta un impacto positivo al ambiente, ya que es una medida que beneficia al mismo donde cuyo objetivo principal es minimizar y reducir la contaminación en los cuerpos de agua.

Además, es económicamente factible ya que su implementación requiere únicamente de la construcción de una matriz flotante a base de materiales económicos en relación a tratamientos convencionales, incluso se puede utilizar materiales reciclables. Mismos que con una capacitación adecuada podrán ser construidos y utilizados por las comunidades de la provincia.

El sistema IFA tiene una vida útil larga en relación al material de construcción, únicamente requiere de la sustitución de la especie a medida que esta se deteriore. Mismas que pueden ser utilizadas como abono o ingrediente para compost o alimento de lombrices en la realización del humus.

### 13. PRESUPUESTO

**Tabla 10. Presupuesto**

Actividades	Recursos	Cantidad	Descripción	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
Instalación del sistema IFA	Humanos	3	Personas	30	90
	Materiales	2	Plásticos de invernadero	60	120
		18	Palos	2,25	44,10
		2	Tubos PVC	6	12
		12	Codos PVC	1	12
		1	Malla sintética	1,50	1,50
		3	Tinas plásticas	15	45
		3	Bombas de agua	90	270
	Otros	8	Transporte	6,60	52,80
		8	Alimentación	2,50	20
Monitoreos de los parámetros: nitratos, fosfatos DBO <sub>5</sub> y pH.	Laboratorio	12	Análisis de laboratorio	30	360
	Otros	8	Transporte	6,60	52,80
Recopilación de información in situ del sistema IFA y análisis estadístico.	Materiales	1	Libreta de campo	1	1
		2	Resmas de papel	5	10
		4	Esferos	0,80	3,20
		1	Cinta métrica	0,50	0,50
	Tecnológicos	2	Computadoras (2 horas diarias)	0,40	100
		1	Impresiones	0,10	100
		2	Alquiler GPS	2,50	5
				Subtotal	1299,90
				10 % Imprevistos	129,99
				Total	1429,89

**Elaborado por:** Amagua, P & Canchig, J. (2019)

## 14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 14.1. Conclusiones

- El sistema IFA con achira (*Canna Indica*) presentó un porcentaje de remoción de nitratos del 64% y 72% desde el inicio del desarrollo foliar de los hijuelos (77 días después del inicio del periodo de adaptación) hasta el final de la etapa de emergencia de la inflorescencia (126 días después del inicio de la adaptación). Y entre el 5% y 21% en fosfatos, es decir desde el inicio de la etapa de la emergencia de la inflorescencia (91 días desde el inicio de la etapa de adaptación), hasta finalizar esta etapa. Además, presentó un proceso de acidificación del agua objeto de estudio en los dos ensayos, a medida que el  $DBO_5$  presentaba un aumento.
- El desarrollo de las especies a utilizar en el sistema IFA, sobre todo de la raíz, es de vital importancia para la eficacia en remoción de contaminantes. Puesto que al presentar la raíz un crecimiento adecuado, la remoción de contaminantes será mayor. Donde, a partir de las correlaciones realizadas, se pudo apreciar una relación directa positiva entre el crecimiento radicular-aéreo y la remoción de los nutrientes (nitratos y fosfatos) y el  $DBO_5$ . Es decir, que el crecimiento de la achira (*Canna indica*) favorece a la remoción de los nutrientes, al igual que al incremento del  $DBO_5$ . Y una relación negativa entre el crecimiento y el pH, esto quiere decir que el crecimiento favorece a la acidificación del agua. Además, se observó que el aumento del  $DBO_5$  a medida que el pH bajo.
- A partir del análisis de regresión lineal, se obtuvieron dos ecuaciones que permiten determinar la remoción de los contaminantes en base al tiempo (días) establecidos. Para la remoción de nitratos  $R NO_3 = 0.002285(t) + 0.6080$ , misma que tiene validez desde el día 77 después de la etapa de adaptación, hasta el día 126 después de dicha etapa, correspondientes a las etapas fenológicas del desarrollo foliar de los hijuelos y la emergencia de la inflorescencia. Y para la remoción de fosfatos  $R PO_4 = 0.006(t) - 0.084$ , que tiene validez a partir del 91 después de la etapa de adaptación, hasta el día 126, pertenecientes igualmente a las etapas fenológicas del desarrollo foliar de los hijuelos y la emergencia de la inflorescencia.
- El sistema IFA con achira (*Canna indica*) constituye una alternativa eficiente y de bajo costo que puede ser aplicada en cuerpos de agua contaminados, sobre todo en aquellos que tengan concentraciones altas de nitratos y un pH básico, para mejorar su calidad.

## 14.2. Recomendaciones

- La achira (*Canna indica*) dentro del sistema IFA, debe ser utilizado para mejorar el pH en agua básicas, ya que esta especie acidifica el medio hídrico en el que se encuentra.
- Conocer el o los contaminantes presentes en el cuerpo de agua que se desee descontaminar con la finalidad de seleccionar la especie vegetativa adecuada la cual permita remover en mayor medida los contaminantes.
- Realizar una pre selección de las especies vegetativas que se van a utilizar en el sistema, una vez concluido el periodo de adaptación con la finalidad de utilizar las más desarrolladas.
- Reemplazar las especies vegetativas de la matriz flotante a medida que estas se marchiten o cumplan su periodo de funcionalidad, según el o los contaminantes que se desee remover.
- Transformar las especies vegetativas achira obsoletas en abono verde y como ingrediente en la preparación de compost y humus de lombriz.
- Trabajar con un mayor número de datos para obtener un modelo de regresión lineal simple tenga mayor precisión.
- Realizar el muestreo abarcando más parámetros representativos de la calidad de agua, mismos que permitan establecer una mejor relación entre los resultados obtenidos.
- Realizar la investigación en un medio controlado. Es decir, utilizar agua destilada y la adición de contaminantes determinados. Lo que evitará la interferencia de otros parámetros que alteren la investigación.

## 15. BIBLIOGRAFÍA

1. Aguiar, M., & Castillo, Y. (2019). "ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES CON LA ESPECIE ACHIRA (*Canna indica*) COMO ALTERNATIVA PARA LA REMOCION DE CROMO Y COLIFORMES FECALES EN AGUA PROCEDENTE DEL RIO CUTUCHI". Universidad Técnica de Cotopaxi.
2. Anders, I., Stagl, J., Auer, I., & Pavlik, D. (2014). Climate Change in Central and Eastern Europe. En S. Rannow & M. Neubert (Eds.), *Managing Protected Areas in Central and Eastern Europe Under Climate Change* (Vol. 58, pp. 17-30). [https://doi.org/10.1007/978-94-007-7960-0\\_2](https://doi.org/10.1007/978-94-007-7960-0_2)
3. Arauzo, M., Rivera, M., Valladolid, M., Noreña, C., & Cedenilla, O. (s. f.). *Contaminación por cromo en el agua intersticial, en el agua del cauce y en los sedimentos del río Jarama*. 14.
4. Alinson Carvajal, & Laso, E. (2017). USO DE ISLAS FLOTANTES PARA LA DEPURACION DE AGUAS RESIDUALES [ESPOL]. <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/101605/D-CD102666.pdf>
5. Bermeo, E., & Tigse, W. (2018). "Islas Flotantes Artificiales con achira (*Canna indica*), como alternativa para la remoción de Nitratos y Fosfatos en aguas procedente del rio Cutuchi" [Universidad Técnica de Cotopaxi]. REPOSITORIO-UTC-13m\_SYfrbIdBHn-9mEFz-\_F6YcPWUPm-W
6. Bolaños, A., Cordero, G. & Segura (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). 15. [http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/3408](http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/3408)

7. Bravo, A., & Gutierrez, E. (2019). Islas flotantes artificiales con achira (*canna indica*) y pasto guinea (*panicum maximum*), como alternativa para la remoción de nitratos, fosfatos y cromo de agua procedente del río Cutuchi, Latacunga-Cotopaxi.
8. Buelta, A., Martínez, R. (2015). Guía Básica de control de calidad de agua. 18. <https://www.ongawa.org/wp-content/uploads/2015/09/Agua-CAS-revisar2.pdf>
9. CABI. (2016). Invasive Species Compendium Wallingford, UK. CABI. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/14575>
10. Cárdenas, I. Y. A. (2000). Documento preparado por: Ing. Yolanda Andía Cárdenas. 44.
11. Carvajal, A., & Laso, E. (2017). *Uso de islas flotantes para la depuración de aguas residuales* (ESPOL). Recuperado de <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/101605/D-CD102666.pdf>
12. Cenzano. (1997). Desarrollo de un alimento complementario para niños de 6 meses a 3 años. International Potato Center.
13. Chang, J. (2012). CALIDAD DEL AGUA. FMAR - 01677. <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6145/2/Calidad%20de%20Agu%20Unidad%201%2C2%2C3.pdf>
14. Chapa Cecilia. (2010). Eutrofización: Abundancia que mata. Universidad del Mar (México).
15. Consejo Nacional de Aprobación. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2020*.
16. CRAUN GF, NWACHUKU N, CALDERON RL, CRAUN MF. 2002: Outbreaks in drinking-waters systems, 1991-1998. *J Environ Health* 65(1): 16-23.
17. Del Valle, J. (s. f.). El agua, un recurso cada vez más estratégico. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6115630.pdf>
18. Delgadillo, A., González, C., Prieto, F., Villagomez, J., & Acevedo, O. (2011). Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación.

19. Fernández, J., (s. f.). Humedales artificiales para la depuración. 12.  
<https://www.fundacionglobalnature.org/macrophytes/documentacion/Cap%EDtulos%20Manual/Cap%EDtulos%206.pdf>.
20. Fonseca, K., Clairand, M., & Espitia, E. (2017). ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES: UNA ALTERNATIVA ECOTECNOLÓGICA PARA LA RESTAURACIÓN Y REMEDIACIÓN DE AGUAS CONTAMINADAS. 10.
21. Forde, M., Izurieta, R., Ormed, B., Arellano, M., & Mitchell, K., (2015). Agua y Salud.  
<https://www.ianas.org/images/books/wb09.pdf>
22. Gil, M. J., Soto, A. M., Usma, J. I., & Gutiérrez, O. D. (2015). Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. 22.
23. Headley, T., Tanner, C., 2008. Floating treatment wetlands: an innovative option for stormwater quality applications. En: 11th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, Indore, India. pp. 1101-1106.
24. Herrera, V., & Sumba, D. (2019). Islas flotantes artificiales con vetiver (vetiveria zizanioides) como alternativa para la remoción de nitratos, fosfatos y plomo en aguas procedentes del río Cutuchi. Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga-Cotopaxi.
25. Isch, E. (2011). ART. Contaminación de las aguas. 52.  
<http://www.camaren.org/documents/contaminacion.pdf>
26. Kadlec, R. H., & Wallace, S. D. (2009). Treatment wetlands (2nd ed). CRC Press.
27. Korbut, S. (2016). Contaminación del Agua.  
<http://www.ingenieroambiental.com/agua2.pdf>
28. Lara, J. (Barcelona). Depuración de aguas residuales municipales con humedales artificiales [Instituto Catalán de Tecnología]. <https://www.ecohabitar.org/wp-content/uploads/2015/09/humedales-artificiales.pdf>

29. Lavie, E., Morábito, J. A., Salatino, S. E., Bermejillo, A., & Filippini, M. F. (2010). Contaminación por fosfatos en el oasis bajo riego del río Mendoza. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 16.
30. Lecca, R., & Ruíz, E., (2010). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno, 71. <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/idata/article/view/12035>
31. Lobo-Arias, M., Medina-Cano, C. I., Grisales-Arias, J. D., Yepes-Agudelo, A. F., & Álvarez-Guzmán, J. A. (2016). Caracterización y evaluación morfológicas de la colección colombiana de achira, *Canna edulis* Ker Gawl. (Cannaceae). *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(1), 47. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol18\\_num1\\_art:558](https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num1_art:558)
32. López, R., & Vong, Y. (2004). Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones.15. [https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/55\\_3/Fitorremediacion.pdf](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/55_3/Fitorremediacion.pdf)
33. Lu, H.-L., Ku, C.-R., & Chang, Y.-H. (2015). Water quality improvement with artificial floating islands. *Ecological Engineering*, 74, 371-375. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.11.013>
34. Martelo, J. & Lara, J. (2012). Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales; una revisión del estado del arte. 221–243.
35. Mejía, A. P. R., Ruiz, Á. A., & Giraldo, L. F. G. (2006). La Electrocoagulación: Retos y oportunidades en el tratamiento de aguas. 1(2), 20.
36. Muñoz-Nava, H., Suárez-Sánchez, J., Vera-Reyes, A., Orozco-Flores, S., Batlle-Sales, J., Ortiz-Zamora, A. de J., & Mendiola-Argüelles, J. (s. f.). DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO Y POBLACIÓN EN LA SUBCUENCA DEL RÍO ZAHUAPAN, TLAXCALA, MÉXICO. 12.

37. Najarro. (1995). El cultivo de la achira (*canna edulis, ker*) y la extracción manual del almidón. Informe de prácticas pre profesionales para obtener el grado académico de Bachiller en Ciencias Agrícolas. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga de Ayacucho, Perú.
38. Naturalea. (2018). Depuración de aguas residuales con sistemas naturales. 22. [https://www.naturalea.eu/Ntr/wpcontent/uploads/2018/07/sistemas\\_depuracion\\_naturales.pdf](https://www.naturalea.eu/Ntr/wpcontent/uploads/2018/07/sistemas_depuracion_naturales.pdf)
39. Nuñez R., (2004). Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. Revista Ciencia - Academia Mexicana de Ciencias.
40. Ortiz, D. L. L. (s. f.). Contaminación del agua por nitratos: Significación sanitaria. 9.
41. Pavlineri, N., Skoulikidis, N., Tsihrintzis, V., 2017. Constructed floating wetlands: a review of research, design, operation and management aspects, and data meta-analysis. Chem. Eng. J. 308, 1120-1132. DOI: 10.1016/j.cej.2016.09.140
42. Peña, D., & Infante, R. (2012). EVALUACION DE LA EFICIENCIA DE REMOCION DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL EN FUNCION DE LA GRANULOMETRIA DE GRAVA EN EL MEDIO FILTRANTE [PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO SANITARIO, Universidad Nacional de Ingeniería]. [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/3382/1/pena\\_od.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/3382/1/pena_od.pdf)
43. Prieto, M. (s.f.). Tema I: Gestión sobre la calidad del agua. 78. [http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP\\_FaoRlc/old/docrep/RLC1026s/rlc1026s.002.pdf](http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/docrep/RLC1026s/rlc1026s.002.pdf)
44. Pütz Petra. (2010, febrero 16). Eliminación y determinación de fosfato. Canales sectoriales. <https://www.interempresas.net/Quimica/Articulos/37743-Eliminacion-y-determinacion-de-fosfato.html>

45. Regalado, A., Peralta, E., & González, C. (2008). Cómo hacer un modelo matemático. 12, 10.
46. Rodríguez, M. (2009). RENDIMIENTO Y VALOR NUTRICIONAL DEL PASTO *Panicum maximum* CV. MOMBAZA A DIFERENTES EDADES Y ALTURAS DE. 41.
47. Rodríguez, S., De Asmundis, C., & Martínez, G. (2016). Variaciones estacionales de las concentraciones de fosfatos y nitratos en distintas fuentes de aguas de pequeños productores hortícolas. 30. <http://revistas.unne.edu.ar/index.php/agr/article/view/1174>
48. Romero, J. (2005). Tratamientos de aguas residuales, teoría y principios de diseño, escuela colombiana de ingeniería. Colombia
49. Sandoval, G. M. (2006). Theoretical approximation to the biosorption of heavy metals using microorganisms. 1, 23.
50. Taco. (2000). Cuenca del río Cutuchi.
51. Tarco, F., & Veintimilla, K. (2010). “LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA. ANÁLISIS JURÍDICO SOBRE LA PROTECCIÓN DEL RIO CUTUCHI Y SU SANEAMIENTO EN LA CIUDAD DE LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI”. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1164/1/T-UTC-0822.pdf>
52. Tejada-Tovar, C., Villabona-Ortiz, Á., & Garcés-Jaraba, L. (2015). Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. *Tecnológicas*, 18(34), 109. <https://doi.org/10.22430/22565337.209>
53. UNEP. (2016). A Snapshot of the World's Water Quality: Towards a global assessment. Nairobi, Kenya.
54. Vaquero, M. P. (Ed.). (2012). Agua para la salud: Pasado, presente y futuro. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
55. Vargas, J. A. C. (2011). Evaluación de la fitorremediación como alternativa de tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos. 93.

56. Vásquez, R., & Yáñez, E. (2015). CARATERIZACIÓN 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: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI. Universidad Técnica de Cotopaxi, La.
57. Vicente, J. (2014). Determinación de los requerimientos de riego del cultivo de la Achira (*Canna edulis*, Ker Gawier, Cana Indica, L) y sus estadios fenológicos, con riego de aspersión, en el sector Cabrería—Chumberos, perteneciente al sistema de riego Palmira. Universidad Nacional de Loja.
58. Vitousek, P., Mooney, H., Lubchenco, J., & Melillo, J. (1997, julio 25). Human Domination of Earth's Ecosystems. *Science, New Series*, Vol. 277(No. 5325), 494-499.
59. Vymazal, J. (2005). Horizontal sub-surface flow and hybrid constructed wetlands systems for wastewater treatment. *Ecological Engineering* (Vol. 25).
60. Vymazal, J. (2007). Removal of nutrients in various types of constructed wetlands. *Science of the Total Environment* 380. 48-65
61. Weeds of Australia. (2016). *Canna indica*. Queensland Government. [https://keyserver.lucidcentral.org/weeds/data/media/Html/canna\\_indica.htm](https://keyserver.lucidcentral.org/weeds/data/media/Html/canna_indica.htm)
62. Yáñez S., (2018). Influencia del pH en la eficiencia del tratamiento de aguas residuales en humedales construidos de flujo vertical. Universidade da Coruña. [https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/20315/YanezTorrente\\_Sandra\\_TFG\\_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/20315/YanezTorrente_Sandra_TFG_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
63. 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". [Universidad Técnica de Cotopaxi].  
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2768/1/T-UTC-00305.pdf>

64. Yeh, N., Yeh, P., & Chang, Y.-H. (2015). Artificial floating islands for environmental improvement. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47, 616-622.  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.03.090>



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

## ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del Proyecto de Investigación al Idioma Inglés presentado por las señoritas estudiantes: **PAMELA ESTEFANÍA AMAGUA VILLAMARÍN Y JESSICA LIZBETH CANCHIG PILICITA** 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 IFA CON ACHIRA (*Canna indica*) A TRAVÉS DE UN MODELO MATEMÁTICO**”, 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 estimaren conveniente.

Latacunga, febrero del 2020

Atentamente,

  
\_\_\_\_\_  
**Lic. Marcelo Pacheco Pruna**  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**  
**C.C. 0502617350**



CENTRO  
DE IDIOMAS

## 16. ANEXOS

### 16.1. Curriculum vitae



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## DATOS INFORMATIVOS PERSONAL DOCENTE

### DATOS PERSONALES

**APELLIDOS:** ILBAY YUPA

**NOMBRES:** MERCY LUCILA

**ESTADO CIVIL:** CASADO

**CEDULA DE CIUDADANÍA:** 0604147900

**NÚMERO DE CARGAS FAMILIARES:** 1

**LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO:** Archidona. 30 octubre 1983

**DIRECCIÓN DOMICILIARIA:** Hermana Páez y Quijano y Ordoñez

**TELÉFONO CONVENCIONAL:**

**TELÉFONO CELULAR:** 0987533861

**EMAIL INSTITUCIONAL:** mercy.ilbay@utc.edu.ec

**TIPO DE DISCAPACIDAD:** NINGUNA

**# DE CARNET CONADIS:**



### ESTUDIOS REALIZADOS Y TÍTULOS OBTENIDOS

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

### HISTORIAL PROFESIONAL

#### Docente

N°	CURSOS - MATERIAS	INSTITUCIÓN	DE MES-AÑO	A MES-AÑO
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

2	Hidrología	ESPOCH-FRN-Ingeniería Agronómica	Marzo 2014	Febrero 2015
	Riego y drenaje			
	Diseño de Sistemas de Riego			
	Prácticas agrícolas			

### Profesional

Nº	EMPRESA-INSTITUCIÓN	POSICIÓN	DE	A
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 general

Nº	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



## AMAGUA VILLAMARIN PAMELA ESTEFANIA



### PERFIL

Nacionalidad Ecuatoriana nacida en Quito el 20 de agosto de 1993 (25 años de edad), persona responsable, dinámica y creativa.



### CONTACTOS



022 855 828  
0992887347



pamela.amagua0384@utc.edu.ec



UYUMBICHO BARRIO SAN SEBASTIAN  
CALLE ILINIZA Y S/N # CASA 01-68



### HABILIDADES PERSONALES

MANEJO DE SOFTWARE

MANEJO DE MICROSOFT OFFICE



### EDUCACIÓN

#### PRIMARIA

ESCUELA "ISIDRO AYORA"- PARROQUIA DE UYUMBICHO, CANTÓN MEJÍA

#### SECUNDARIA

COLEGIO NACIONAL "UYUMBICHO - PARRQUOIA DE UYUMBICHO, CANTÓN MEJÍA.  
ESPECIALIDAD QUÍMICO BIÓLOGO.

#### TERCER NIVEL

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
CARRERA EN INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE.  
EN CURSO

#### CURSOS REALIZADOS

- 15/09/2016 CAPACITACIÓN EN CALIDAD AMBIENTAL
- 31/08/2017 GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS
- 01/03/2018 ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL CÓNDOR ANDINO Y EL OSO DE ANTEJOS EN ECUADOR
- 04/05/2018 I SEMINARIO INTERNACIONAL EN FISCALIZACIÓN, SEGUIMIENTO Y CONTROL AMBIENTAL
- 21/11/2018 CAPACITACIÓN A LOS SUJETOS DE CONTROL EN PLANES DE MANEJO AMBIENTAL, PLANES DE ACCIÓN, PLANES DE EMERGENCIA, INFORMES DE CUMPLIMIENTO Y AUDITORÍAS EN EL CANTÓN LATACUNGA, ENFOCADO EN LA EDUCACIÓN SOBRE LOS PROBLEMAS EN CAMBIO CLIMÁTICO



### REFERENCIAS PERSONALES

#### ING. JOSÉ DAVID ALMEIDA FACTOS



022 855 457  
0999839890

#### SR. JOSÉ MIGUEL AMAGUA SUNTAXI




022 855 368  
0983421054

FIRMA  
CI: 1722430384

## CURRICULUM VITAE

### DATOS PERSONALES

<b>APELLIDOS:</b>	Canchig Pilicita	
<b>NOMBRES:</b>	Jessica Lizbeth	
<b>LUGAR DE NACIMIENTO:</b>	Machachi	
<b>NACIONALIDAD:</b>	Ecuatoriana	
<b>ESTADO CIVIL:</b>	Soltera	
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	1725423485	
<b>MAIL:</b>	jessicacanchig@yahoo.com	
<b>TELÉFONO:</b>	095 899 5504	
<b>DIRECCIÓN:</b>	Machachi. Barrio "El Obelisco". Sector La Escuela	

### ESTUDIOS REALIZADOS

**PRIMARIA:** UNIDAD EDUCATIVA "MARIANO NEGRETE"  
**SECUNDARIA:** UNIDAD EDUCATIVA EXPERIMENTAL "MANUELA CAÑIZARES" Título de Bachiller en Ciencias/Programa del Bachillerato Internacional  
**SUPERIOR:** UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
 Estudiante

### OTROS CURSOS Y SEMINARIOS

- 2017 Gestión integral de residuos sólidos
- 2017 Congreso Internacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales
- 2018 I Seminario Internacional de Fiscalización, Seguimiento y Control Ambiental
- 2018 Taller de "Manejo de instrumentación Ambiental"
- 2018 Capacitación a los sujetos de control en planes de manejo ambiental, planes de acción, planes de emergencia, informes de cumplimiento y auditorías en el cantón Latacunga, enfocado en la educación sobre los problemas de cambio climático y auditorías en el cantón Latacunga.

### INFORMÁTICA:

- Microsoft Office a nivel medio.
- Programas específicos: AutoCad nivel medio, ArcGis nivel medio.
- Lenguajes de programación: R Studio nivel básico.

### IDIOMAS

- Inglés: Nivel B1. Título del programa de inglés "Open House English"

### REFERENCIAS PERSONALES

**NOMBRE:** Dr. Dario Azogue  
**EMPRESA:** Solapec Mejía  
**CARGO:** Médico Veterinario  
**TELÉFONO:** 099 685 3579

**NOMBRE:** Ab Clever  
 Guapolema  
**EMPRESA:** Consejo de la  
 Judicatura  
**CARGO:** Gestor de Archivo  
**TELÉFONO:** 3 953 600  
 Extensión 250

FIRMA

  
 .....

## 16.2. Registro fotográfico

**Fotografía 1. Construcción del invernadero**



**Fotografía 2. Adecuación del invernadero**



**Fotografía 3. Fibra de coco**



**Fotografía 4. Obtención de las plántulas de achira**



**Fotografía 5. Construcción de la matriz flotante**



**Fotografía 6. Matriz flotante finalizada**



**Fotografía 7. Periodo de adaptación****Fotografía 8. Enraizante "Econatur"****Fotografía 9. Disolución del enraizante****Fotografía 10. Aplicación del enraizante****Fotografía 11. Sistema IFA****Fotografía 12. Adecuación de las bombas sumergibles**

**Fotografía 13. Medición de las hojas****Fotografía 14. Medición de la raíz****Fotografía 15. Contaminantes adicionales****Fotografía 16. Adición de contaminantes****Fotografía 17. Medición de las raíces en las 3 tinas**

**Fotografía 18. Funcionamiento de sistema IFA etapa final**



**Fotografía 19. Crecimiento de las raíces final**

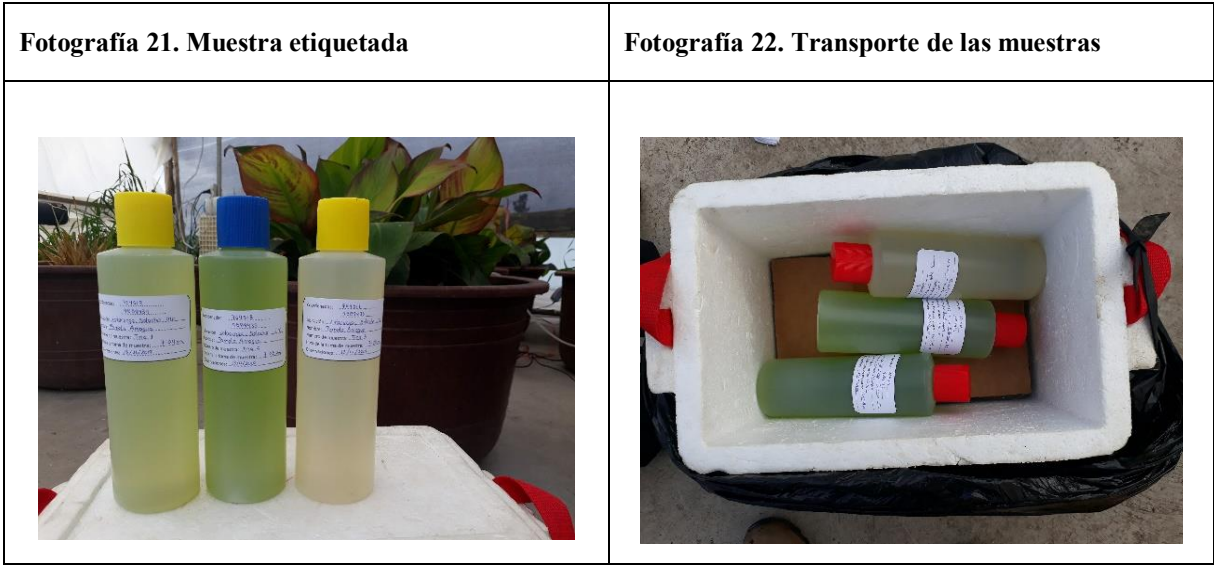


**Fotografía 20. Crecimiento de las raíces en la etapa final de la investigación**



**Fotografía 21. Muestreo in situ**





**16.3. Cálculos de los resultados obtenidos**

		Crecimiento radicular	Crecimiento aéreo			Resultados de los muestreos realizados								
		Raíz	Tallo	Hojas	Total	PO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	DBO <sub>5</sub>	pH	PO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	DBO <sub>5</sub>	pH	
Adaptación (15/07/2019)	Tina 1	20,00	14,00	24,00	38,00									
	Tina 2	25,00	13,00	25,50	38,50									
	Tina 3	18,00	17,00	23,00	40,00									
Desarrollo (19/08/2019)	Tina 1	24,00	18,00	28,50	46,50	35,00								
	Tina 2	30,00	20,00	27,50	47,50	42,00								
	Tina 3	24,50	22,00	29,00	51,00	77,00	126,00	91,00						
Ensayo 1	30/10/2019	Tina 1	26,00	24,50	30,50	55,00	279,50	313,75	4,67	5,40				
		Tina 2	38,00	21,00	31,00	52,00	200,60	368,75	0,24	8,10				
		Tina 3	37,00	26,00	32,00	58,00	136,20	143,30	2,51	5,70				
	13/11/2019	Tina 1	28,00	25,00	31,00	56,00	337,25	192,40	5,47	3,80	0%	39%	5,07	4,60
		Tina 2	44,00	25,00	34,00	59,00	168,38	4,87	3,98	7,60	16%	99%	2,11	7,85
		Tina 3	40,00	27,50	34,00	61,50	251,75	63,95	4,38	4,90	0%	55%	3,45	5,30
<b>Promedios</b>			35,50		56,92					5%	64%	3,54	5,92	
Ensayo 2	4/12/2019	Tina 1	29,00	25,50	32,00	57,50	679,00	303,25	0,67	5,60				
		Tina 2	46,00	36,00	38,00	74,00	601,00	332,75	8,06	7,50				
		Tina 3	41,00	33,00	37,00	70,00	636,50	96,20	0,92	4,30				
	18/12/2019	Tina 1	30,00	26,00	35,00	61,00	592,00	126,70	15,23	3,90	13%	58%	7,95	4,75
		Tina 2	48,00	37,00	37,00	74,00	466,00	45,99	15,34	6,30	22%	86%	11,70	6,90
		Tina 3	44,00	35,00	36,00	71,00	464,00	26,87	20,25	3,60	27%	72%	10,59	3,95
<b>Promedios</b>			39,67		67,92					21%	72%	10,08	5,20	

# 16.4. Informe de análisis de agua

Primer muestreo 30/10/2019  
TINA 1



CONTROL Y CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DE EMISIONES Y EFLUENTES INDUSTRIALES

## INFORME DE ANALISIS DE AGUAS

ANALISIS SOLICITADO POR :	PAMELA AMAGUA
EMPRESA:	UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
DIRECCION TOMA DE MUESTRA:	BARRIO SALACHE, LATACUNGA, COTOPAXI.
FECHA DE TOMA DE MUESTRA :	2019-10-30
HORA DE TOMA DE MUESTRA	6:55:00
FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA :	2019-10-30
FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA :	2019-11-14
PERIODO DE ANALISIS:	2019-10-30 A 2019-11-14
TIPO DE MUESTRA:	SIMPLE
CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA	AGUA AMARILLENTO
MUESTREADO POR :	CLIENTE
COORDENADAS :	0764519 ; 9889434
UBICACION :	P1

CERTIFICADO DE AcreditACION SAE LEN 16-005

\*\* Parámetros fuera del rango acreditado

\* Parámetros No acreditados

INFORME N° : A19-428-01

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	4,67	mg/l	+/- 18%
2	Δ FOSFATOS *	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 P C PA-49.00	279,5	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	+/- 0,39 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

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  
Gestión Técnica aguas LABIOTEC



LAB - DIO - TEC  
SOCIEDAD ANONIMA  
R.U.C. 1792473017201

Hoja 1 de 1

TINA 2

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



CONTROL Y CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DE EMISIONES Y EFLUENTES INDUSTRIALES

## INFORME DE ANALISIS DE AGUAS

ANALISIS SOLICITADO POR :	PAMELA AMAGUA
EMPRESA:	UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
DIRECCION TOMA DE MUESTRA:	BARRIO SALACHE, LATACUNGA, COTOPAXI.
FECHA DE TOMA DE MUESTRA :	2019-10-30
HORA DE TOMA DE MUESTRA	6:58:00
FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA :	2019-10-30
FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA :	2019-11-14
PERIODO DE ANALISIS:	2019-10-30 A 2019-11-14
TIPO DE MUESTRA:	SIMPLE
CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA	AGUA AMARILLENTO
MUESTREADO POR :	CLIENTE
COORDENADAS :	0764518 ; 9889435
UBICACION :	TINA 2

CERTIFICADO DE AcreditACION SAE LEN 16-005

\*\* Parámetros fuera del rango acreditado

\* Parámetros No acreditados

INFORME N° : A19-428-02

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	0,24	mg/l	+/- 18%
2	Δ FOSFATOS **	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 P C PA-49.00	200,6	mg/l	+/- 1,57 mg/l
3	Δ NITRATOS **	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 E PA-48.00	368,75	mg/l	+/- 0,36 mg/l
4	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+ PTA-01	8,1	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

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  
Gestión Técnica aguas LABIOTEC



LAB - DIO - TEC  
SOCIEDAD ANONIMA  
R.U.C. 1792473017201

Hoja 1 de 1

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

TINA 3

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

ANALISIS SOLICITADO POR :	PAMELA AMAGUA		
EMPRESA:	UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI		
DIRECCION TOMA DE MUESTRA:	BARRIO SALACHE, LATACUNGA, COTOPAXI.		
FECHA DE TOMA DE MUESTRA :	2019-10-30		
HORA DE TOMA DE MUESTRA :	7:02:00		
FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA :	2019-10-30		
FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA :	2019-11-14		
PERIODO DE ANALISIS:	2019-10-30	A	2019-11-14
TIPO DE MUESTRA:	SIMPLE		
CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA	AGUA CLARA		
MUESTREO POR :	CLIENTE		
COORDENADAS :	0764517 ; 9889436		
UBICACION :	TINA 3		

CERTIFICADO DE ACREDITACION SAE LEN 16-005  
\*\* Parámetros fuera del rango acreditado  
\* Parámetros No acreditados

INFORME N°: A19-428-03

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	2,51	mg/l	+/- 18%
2	Δ FOSFATOS *	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 P C PA-49.00	136,2	mg/l	+/- 1,57 mg/l
3	Δ NITRATOS *	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 E PA-48.00	143,3	mg/l	+/- 0,63 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 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 fue tomada 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

*Lilian Godoy*  
Dña. Lilian Godoy  
Gestión Técnica aguas LABIOTEC  
LAB - BIO - TEC  
SOCIEDAD ANÓNIMA  
R.U.C. 1792473047001

CONTROL Y CARACTERIZACION AMBIENTAL DE EMISIONES Y EFUENTES INDUSTRIALES



Segundo muestreo 13/11/2019  
TINA 1

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

ANALISIS SOLICITADO POR :	PAMELA AMAGUA		
EMPRESA:	UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI		
DIRECCION TOMA DE MUESTRA:	BARRIO SALACHE, LATACUNGA, COTOPAXI.		
FECHA DE TOMA DE MUESTRA :	2019-11-13		
HORA DE TOMA DE MUESTRA :	7:04:00		
FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA :	2019-11-13		
FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA :	2019-11-28		
PERIODO DE ANALISIS:	2019-11-13	A	2019-11-28
TIPO DE MUESTRA:	SIMPLE		
CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA	AGUA VERDOSA		
MUESTREO POR :	CLIENTE		
COORDENADAS :	764519 ; 9889434		
UBICACION :	TINA 1		

CERTIFICADO DE ACREDITACION SAE LEN 16-005  
\*\* Parámetros fuera del rango acreditado  
\* Parámetros No acreditados

INFORME N°: A19-447-01

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	5,47	mg/l	+/- 18%
2	Δ FOSFATOS **	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 P C PA-49.00	337,25	mg/l	+/- 1,57 mg/l
3	Δ NITRATOS **	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 E PA-48.00	192,40	mg/l	+/- 0,39 mg/l
4	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+ PTA-01	3,8	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

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*  
Dña. Lilian Godoy  
Gestión Técnica aguas LABIOTEC  
LAB - BIO - TEC  
SOCIEDAD ANÓNIMA  
R.U.C. 1792473047001

CONTROL Y CARACTERIZACION AMBIENTAL DE EMISIONES Y EFUENTES INDUSTRIALES



TINA 2



CONTROL Y CARACTERIZACION AMBIENTAL DE EMISIONES Y EFLUENTES INDUSTRIALES

### INFORME DE ANALISIS DE AGUAS

ANALISIS SOLICITADO POR :	PAMELA AMAGUA		
EMPRESA:	UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI		
DIRECCION TOMA DE MUESTRA:	BARRIO SALACHE, LATACUNGA, COTOPAXI.		
FECHA DE TOMA DE MUESTRA :	2019-11-13		
HORA DE TOMA DE MUESTRA :	7:06:00		
FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA :	2019-11-13		
FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA :	2019-11-28		
PERIODO DE ANALISIS:	2019-11-13	A	2019-11-28
TIPO DE MUESTRA:	SIMPLE		
CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA	AGUA VERDOSA		
MUESTREADO POR :	CLIENTE		
COORDENADAS :	764518; 9889435		
UBICACION :	TINA 2		

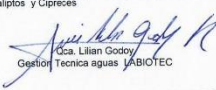
CERTIFICADO DE ACREDITACION SAE LEN 16-005  
 \*\* Parámetros fuera del rango acreditado  
 \* Parametros No acreditados

INFORME N°: A19-447-02


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	3,88	mg/l	+/- 18%
2	FOSFATOS **	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 P C PA-49.00	168,38	mg/l	+/- 1,57 mg/l
3	NITRATOS	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 E PA-48.00	4,87	mg/l	+/- 0,39 mg/l
4	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+ PTA-01	7,6	un.pH	+/- 0,2UN

A 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

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



Coor. Lillan Godoy  
Gestor Técnica aguas LABIOTEC




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

Hoja 1 de 1

Dirección: De las Gardenias E12-81 y de las Magnolias, El Inca, Quito- Ecuador  
Teléfono: 2449989/ 0984252025/ 0987954377. E-mail: labiotec\_2013@hotmail.com

TINA 3



CONTROL Y CARACTERIZACION AMBIENTAL DE EMISIONES Y EFLUENTES INDUSTRIALES

### INFORME DE ANALISIS DE AGUAS

ANALISIS SOLICITADO POR :	PAMELA AMAGUA		
EMPRESA:	UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI		
DIRECCION TOMA DE MUESTRA:	BARRIO SALACHE, LATACUNGA, COTOPAXI.		
FECHA DE TOMA DE MUESTRA :	2019-11-13		
HORA DE TOMA DE MUESTRA :	7:06:00		
FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA :	2019-11-13		
FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA :	2019-11-28		
PERIODO DE ANALISIS:	2019-11-13	A	2019-11-28
TIPO DE MUESTRA:	SIMPLE		
CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA	AGUA CLARA		
MUESTREADO POR :	CLIENTE		
COORDENADAS :	764517; 9889436		
UBICACION :	TINA 3		


CERTIFICADO DE ACREDITACION SAE LEN 16-005  
 \*\* Parámetros fuera del rango acreditado  
 \* Parametros No acreditados

INFORME N°: A19-447-03


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	4,38	mg/l	+/- 18%
2	FOSFATOS **	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 P C PA-49.00	251,75	mg/l	+/- 1,57 mg/l
3	NITRATOS	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 E PA-48.00	63,95	mg/l	+/- 0,39 mg/l
4	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+ PTA-01	4,9	un.pH	+/- 0,2UN

A 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

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



Coor. Lillan Godoy  
Gestor Técnica aguas LABIOTEC



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

Hoja 1 de 1

Dirección: De las Gardenias E12-81 y de las Magnolias, El Inca, Quito- Ecuador  
Teléfono: 2449989/ 0984252025/ 0987954377. E-mail: labiotec\_2013@hotmail.com

**Tercer muestreo 04/12/2019**  
**TINA 1**

**INFORME DE ANALISIS DE AGUAS**

ANALISIS SOLICITADO POR :	PAMELA AMAGUA		
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	6:55:00		
FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA :	2019-12-05		
FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA :	2019-12-20		
PERIODO DE ANALISIS:	2019-12-05	A	2019-12-20
TIPO DE MUESTRA:	SIMPLE		
CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA	AGUA CLARA		
MUESTREADO POR :	CLIENTE		
COORDENADAS :	0764519 ; 9889434		
UBICACIÓN :	TINA 1		

CERTIFICADO DE ACREDITACION SAE LEN 16-005

\*\* Parámetros fuera del rango acreditado

\* Parametros No acreditados

INFORME N°: A19-556-01

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	0,67	mg/l	+/- 18%
2	Δ FOSFATOS **	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 P C PA-49.00	679,0	mg/l	+/- 1,57 mg/l
3	Δ NITRATOS **	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 E PA-48.00	303,25	mg/l	+/- 0,56 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 laboratorio no se responsabiliza por las condiciones bajo las cuales fue tomada la muestra.

Qca. Lillian 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

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

Hoja 1 de 1

**TINA 2**

**INFORME DE ANALISIS DE AGUAS**

ANALISIS SOLICITADO POR :	PAMELA AMAGUA		
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	6:55:00		
FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA :	2019-12-05		
FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA :	2019-12-20		
PERIODO DE ANALISIS:	2019-12-05	A	2019-12-20
TIPO DE MUESTRA:	SIMPLE		
CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA	AGUA CLARA		
MUESTREADO POR :	CLIENTE		
COORDENADAS :	0764519 ; 9889434		
UBICACIÓN :	TINA 2		

CERTIFICADO DE ACREDITACION SAE LEN 16-005

\*\* Parámetros fuera del rango acreditado

\* Parametros No acreditados

INFORME N°: A19-556-032

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	8,06	mg/l	+/- 18%
2	Δ FOSFATOS **	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 P C PA-49.00	601,0	mg/l	+/- 1,57 mg/l
3	Δ NITRATOS **	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 E PA-48.00	332,75	mg/l	+/- 0,56 mg/l
4	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+ PTA-01	7,5	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 fue tomada la muestra.

Qca. Lillian 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

Hoja 1 de 1

## TINA 3

## INFORME DE ANALISIS DE AGUAS

ANALISIS SOLICITADO POR :	PAMELA AMAGUA
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	6:55:00
FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA :	2019-12-05
FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA :	2019-12-20
PERIODO DE ANALISIS:	2019-12-05 A 2019-12-20
TIPO DE MUESTRA:	SIMPLE
CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA	AGUA CLARA
MUESTREADO POR :	CLIENTE
COORDENADAS :	0764519 ; 9889434
UBICACION :	TINA 3

CERTIFICADO DE ACREDITACION SAE LEN 16-005

\*\* Parámetros fuera del rango acreditado

\* Parametros No acreditados

INFORME N°: A19-556-03

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	0,92	mg/l	+/- 18%
2	Δ FOSFATOS **	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 P C PA-49.00	636,5	mg/l	+/- 1,57 mg/l
3	Δ NITRATOS **	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 E PA-48.00	96,20	mg/l	+/- 0,56 mg/l
4	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+ PTA-01	4,3	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 fue tomada 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

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

Hoja 1 de 1

Cuarto muestreo 19/12/2019  
TINA 1

## INFORME DE ANALISIS DE AGUAS

ANALISIS SOLICITADO POR :	PAMELA AMAGUA
EMPRESA:	UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
DIRECCION TOMA DE MUESTRA:	BARRIO SALACHE, LATACUNGA, COTOPAXI
FECHA DE TOMA DE MUESTRA :	2019-12-20
HORA DE TOMA DE MUESTRA	6:55:00
FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA :	2019-12-20
FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA :	2020-01-04
PERIODO DE ANALISIS:	2019-12-20 A 2020-01-04
TIPO DE MUESTRA:	SIMPLE
CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA	AGUA CLARA
MUESTREADO POR :	CLIENTE
COORDENADAS :	0764519 ; 9889434
UBICACION :	TINA 1

CERTIFICADO DE ACREDITACION SAE LEN 16-005

\*\* Parámetros fuera del rango acreditado

\* Parametros No acreditados

INFORME N°: A19-494-01

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	15,23	mg/l	+/- 18%
2	Δ FOSFATOS **	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 P C PA-49.00	592,0	mg/l	+/- 1,57 mg/l
3	Δ NITRATOS **	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 E PA-48.00	129,70	mg/l	+/- 0,56 mg/l
4	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+ PTA-01	3,9	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 laboratorio no se responsabiliza por las condiciones bajo las cuales fue tomada 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.

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

Hoja 1 de 1

Dirección: De las Gardenias E12-81 y de las Magnolias, El Inca, Quito, Ecuador  
Teléfono: 2449988 / 0984252025 / 0987954377 - E-mail: labiotec\_2013@hotmail.com



CONTROL Y CARACTERIZACION AMBIENTAL DE EMISIONES Y EFLUENTES INDUSTRIALES

TINA 2

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

INFORME DE ANALISIS DE AGUAS

ANALISIS SOLICITADO POR :	PAMELA AMAGUA
EMPRESA:	UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
DIRECCION TOMA DE MUESTRA:	BARRIO SALACHE, LATACUNGA, COTOPAXI.
FECHA DE TOMA DE MUESTRA :	2019-12-20
HORA DE TOMA DE MUESTRA :	6:55:00
FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA :	2019-12-20
FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA :	2020-01-04
PERIODO DE ANALISIS:	2019-12-20 A 2020-01-04
TIPO DE MUESTRA:	SIMPLE
CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA	AGUA AMARILLENTO
MUESTREADO POR :	CLIENTE
COORDENADAS :	0764518 ; 9889435
UBICACION :	TINA 2

CERTIFICADO DE ACREDITACION SAE LEN 16:005  
 \*\* Parámetros fuera del rango acreditado  
 \* Parámetros No acreditados

INFORME N°: A19-493-02

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	15,34	mg/l	+/- 18%
2	Δ FOSFATOS **	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 P C PA-49.00	489,0	mg/l	+/- 1,57 mg/l
3	Δ NITRATOS	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 E PA-48.00	45,99	mg/l	+/- 0,56 mg/l
4	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+ PTA-01	6,3	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 fue tomada 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*  
 Dra. Lilian Godoy  
 Gestión Técnica aguas LABIOTEC



CONTROL Y CARACTERIZACION AMBIENTAL DE EMISIONES Y EFUENTES INDUSTRIALES

TINA 3

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

INFORME DE ANALISIS DE AGUAS

ANALISIS SOLICITADO POR :	PAMELA AMAGUA
EMPRESA:	UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
DIRECCION TOMA DE MUESTRA:	BARRIO SALACHE, LATACUNGA, COTOPAXI.
FECHA DE TOMA DE MUESTRA :	2019-12-20
HORA DE TOMA DE MUESTRA :	8:55:00
FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA :	2019-12-20
FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA :	2020-01-04
PERIODO DE ANALISIS:	2019-12-20 A 2020-01-04
TIPO DE MUESTRA:	SIMPLE
CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA	AGUA AMARILLENTO
MUESTREADO POR :	CLIENTE
COORDENADAS :	0764519 ; 9889434
UBICACION :	TINA 3

CERTIFICADO DE ACREDITACION SAE LEN 16:005  
 \*\* Parámetros fuera del rango acreditado  
 \* Parámetros No acreditados

INFORME N°: A19-493-03

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	20,25	mg/l	+/- 18%
2	Δ FOSFATOS *	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 P C PA-49.00	484,0	mg/l	+/- 1,57 mg/l
3	Δ NITRATOS *	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 E PA-48.00	28,87	mg/l	+/- 0,56 mg/l
4	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+ PTA-01	3,8	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 fue tomada 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*  
 Dra. Lilian Godoy  
 Gestión Técnica aguas LABIOTEC



CONTROL Y CARACTERIZACION AMBIENTAL DE EMISIONES Y EFUENTES INDUSTRIALES