



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

### CARRERA: INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE

#### PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE REMOCIÓN DE  
CONTAMINANTES DEL SISTEMA ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES  
(IFA) CON ACHIRA (*Canna indica*), VETIVER (*Vetiveria zizanoide*), PASTO  
GUINEA (*Panicum maximum*) Y MIX (PASTO GUINEA – ACHIRA), A  
TRAVÉS DE UN MODELO MATEMÁTICO”**

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

Autores:

Tipán Chiriboga Jeniffer Aracely

Sánchez Mullo Miriam Jimena

Tutor:

Msc. Joseline Luisa Ruiz Depablos

Latacunga - Ecuador

Febrero-2020



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Sánchez Mullo Miriam Jimena, con C.C. 1717425381 y Tipán Chiriboga Jeniffer Aracely, con C.C. 1724127228 declaramos ser autoras del presente proyecto de investigación: **“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DEL SISTEMA DE LAS ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES (IFA) CON ACHIRA (*Canna indica*), VETIVER (*Vetiveria zizanoide*), PASTO GUINEA (*Panicum maximum*) Y MIX (PASTO GUINEA – ACHIRA) A TRAVÉS DE UN MODELO MATEMÁTICO”**, siendo Ruiz Joseline 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.



---

Tipán Chiriboga Jeniffer Aracely  
Número de C.I. 1724127229



---

Sánchez Mullo Miriam Jimena  
Número de C.I. 1717425381

## 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 **TIPÁN CHIRIBOGA JENIFFER ARACELY**, identificada con C.C. N° **1724127228**, de estado civil **SOLTERA** y con domicilio en Quito y **SÁNCHEZ MULLO MIRIAM JIMENA** identificada con C.C. N° **1717425381** de estado civil **SOLTERA** y con domicilio en Machachi, a 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 **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

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

**Historial académico.**

**Fecha de inicio de la carrera:** abril - agosto 2015.

**Fecha de finalización:** octubre 2019 - marzo-2020.

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

Tutor. - Msc. Joseline Luisa Ruiz Depablos

Tema. - EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DEL SISTEMA DE LAS ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES (IFA) CON ACHIRA (*Canna indica*), VETIVER (*Vetiveria zizanoide*), PASTO GUINEA (*Panicum maximum*) Y MIX (PASTO GUINEA – ACHIRA) 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, **LAS CEDENTES** 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 **LAS CEDENTES**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

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

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LAS CEDENTES** 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 **LAS CEDENTES** 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 **LAS CEDENTES** en forma escrita.

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga a los 19 días del mes de febrero del 2020.



.....

Tipán Chiriboga Jeniffer Aracely  
**Número de C.I. 1724127229**



.....

Sánchez Mullo Miriam Jimena  
**Número de C.I. 1717425381**

Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez

**EL CESIONARIO**

Latacunga, 7 de febrero del 2020

## AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

**“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DEL SISTEMA DE ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES (IFA) CON ACHIRA (*Canna indica*), VETIVER (*Vetiveria zizanoide*), PASTO GUINEA (*Panicum maximum*) Y MIX (PASTO GUINEA – ACHIRA) A TRAVÉS DE UN MODELO MATEMÁTICO”**, de **TIPÁN CHIRIBOGA JENIFFER ARACELY y SÁNCHEZ MULLO MIRIAM JIMENA**, 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.

  
**FIRMA DEL TUTOR**

Msc. Joseline Luisa Ruiz Depablos

**CC: 1758739062**

Latacunga, 7 de febrero del 2020

## AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

**“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DEL SISTEMA DE LAS ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES (IFA) CON ACHIRA (*Canna indica*), VETIVER (*Vetiveria zizanoide*), PASTO GUINEA (*Panicum maximum*) Y MIX (PASTO GUINEA – ACHIRA) A TRAVÉS DE UN MODELO MATEMÁTICO”, de TIPÁN CHIRIBOGA JENIFFER ARACELY y SÁNCHEZ MULLO MIRIAM JIMENA, de la carrera de INGENIERÍA DE MEDIO AMBIENTE, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.**

Para constancia firman:



**Lector 1 (Presidenta)**

MSc. Kalina Fonseca

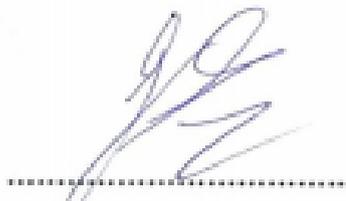
**C.L: 172353445-7**



**Lector 2**

PhD. Mercy Ilbay

**C.L: 0604147900**



**Lector 3**

Mg. José Luis Agreda

**C.L: 040133210-1**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a la Universidad Técnica de Cotopaxi, especialmente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, carrera de Ingeniería en Medio Ambiente.

Yo, Miriam Jimena Sánchez Mullo agradezco a Dios primeramente porque gracias a él pude cumplir una de mis metas, además por haberme otorgado a mi madre Fanny Alexandra Mullo ya que me ha enseñado a luchar y ser valiente en medio de situaciones que la vida no nos enseña como sobrellevar, por lo que le estoy agradecida ya que siempre me acompaño con sus consejos en cada una de mis victorias y luchas que conllevaron hasta llegar a este punto; así también agradezco a mi hermano ya que él es una parte fundamental en mi vida por la que luché y luchare para enseñarle que con esfuerzo y dedicación podrá alcanzar las metas y sueños que se propone, también a cada uno de mis familiares y amigos que depositaron su confianza en mi persona.

**Autor:**

Sánchez Mullo Miriam Jimena

El camino hacia el éxito comienza con la perseverancia, amor propio y dedicación, 5 años de carrera, miles de obstáculos y al final una de tantas metas cumplida. Agradezco principalmente a Dios y la Virgencita quienes me guiaron, me llenaron de sabiduría en todo momento, a mis padres, mis hermanos los que siempre me apoyaron, me animaron a no desistir, a seguir luchando en todo aspecto y especialmente quienes me llenaron de mucho amor en mi corazón, a mis abuelitos, mi familia en general, mis amigas, amigos, maestros, maestras, los que todos los días me enseñaron, corrigieron, me sacan una sonrisa, me divierten con sus locuras y ocurrencias; en fin agradezco a todas aquellas personas que estuvieron en el momento y lugar adecuado para echarme una manita. Gracias, gracias y mil gracias por todo.

**Autor:**

Tipán Chiriboga Jeniffer Aracely

## DEDICATORIA

Yo, Miriam Jimena Sánchez Mullo dedico mi meta cumplida a mi madre, hermano y abuelito que me han acompañado a lo largo de mi vida y carrera profesional brindándome su amor eterno e incondicional.

Sánchez Mullo Miriam Jimena

Esta hermosa meta cumplida, mi Ingeniería en Medio Ambiente la dedico a Diosito y la Virgencta, a mi papito hermoso Juan, a mi mamita Yolanda (mi veji), a mis dos hermanitos; Mati (mi mor) y Carlitos, a mis abuelitas y abuelito; mami Tere, mami Nely, papi Poloño, a mis tíos, tías, primas, primos, amigas, amigos, profes, al cielo, el universo...

En fin, especialmente este hermoso y satisfactorio logro, lo dedico a mi persona, a mí, Jeniffer Tipán, por nunca desistir.

Tipán Chiriboga Jeniffer Aracely

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**TÍTULO:** “EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DEL SISTEMA DE LAS ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES (IFA) CON ACHIRA (*Canna indica*), VETIVER (*Vetiveria zizanoide*), PASTO GUINEA (*Panicum maximum*) Y MIX (PASTO GUINEA – ACHIRA) A TRAVÉS DE UN MODELO MATEMÁTICO”

**Autores:** Sánchez Mullo Miriam Jimena

Tipán Chiriboga Jeniffer Aracely

### RESUMEN

Las Islas Flotantes Artificiales (IFA), son un tipo de humedal con especies vegetales que fitoremedian y fitodepuran los cuerpos de aguas naturales y artificiales contaminados. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de varios sistemas: SIFAA (Sistema de Isla Flotante Artificial con achira “*C. indica*”), SIFAP (Sistema de Isla Flotante Artificial con pasto guinea “*P. maximum*”), SIFAV (Sistema de Isla Flotante Artificial con vetiver “*V. zizanoide*”) y el SIFAM (Sistema de Isla Flotante Artificial mix entre *C. indica* y *P. maximum*), en la remoción de DBO<sub>5</sub>, nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), fosfatos (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>). Para ello, se instalaron 4 islas flotantes de 0,12.m<sup>2</sup>, una para cada planta. La evaluación de los parámetros removidos y el crecimiento de la planta fueron cada 20 días por tres meses. El manejo de datos se realizó a través de técnicas de recolección de datos, en las que se determinó el porcentaje de remoción de las especies por periodos. Los porcentajes de remoción obtenidos para el primer periodo: **SIFAA**, (68% DBO<sub>5</sub>, 3% NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, < 1% PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> con variación de pH entre 7.4 a 7.3.), **SIFAP** (<1% DBO<sub>5</sub>, <1% NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 46% PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> con variación de pH entre 7.7 a 8.3), SIFAV (49% DBO<sub>5</sub>, <1% NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 25% fosfatos con variación de pH entre 7.5 a 6.1) y **SIFAM** (77% DB<sub>5</sub>, <1% NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, fosfatos 28% con variación de pH entre 8.2 a 8.3). Para el segundo periodo: **SIFAA** (<1% DBO<sub>5</sub>, 94% NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 98% PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> con variación de pH entre 6.6 a 6.7), **SIFAP** (<1% DBO<sub>5</sub>, 98% NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 97% PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> con variación de pH entre 7.6 a 7.0), **SIFAV** (<1% DBO<sub>5</sub>, 74% NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 96% PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> con variación de pH entre 6.3 a 6.4) y **SIFAM** (<1% DBO<sub>5</sub>, 94% NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 99% PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> con variación de pH entre 6.6

a 7.5). Al comparar los porcentajes obtenidos se determinó que la mayor eficiencia en la remoción de  $\text{DBO}_5$  fue el SIFAM y SIFAA. Respecto a la remoción de fosfato se obtuvo el siguiente orden decreciente SIFAM>SIFAA>SIFAV>SIFAP. En cuanto a la remoción de nitratos mostró el siguiente orden SIFAP>SIFAA>SIFAM>SIFAV.

Adicionalmente mediante el modelo de regresión lineal, se determinó que el SIFAP inicia la remoción de fosfatos a los 2 días de su etapa de desarrollo (ED) y de nitratos a los 31 días ED; el SIFAV, inicia la remoción de fosfatos a los 13 días ED y de nitratos a los 40 días ED, el SIFAA, inicia la remoción de nitratos y fosfatos a los 20 días ED y el SIFAM, inicia la remoción de fosfatos a los 13 días ED y de nitratos a los 37 días ED.

**Palabras Claves:** Islas Flotantes Artificiales, fitoremediación,  $\text{DBO}_5$ , nitrato, fosfato, contaminación de agua, vetiver, achira, pasto guinea.



FIRMA DEL TUTOR

Msc. Joseline Luisa Ruiz Depablos

CC: 1758739062

# TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

## FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

**TITLE:** “EVALUATION OF THE REMOVAL CAPACITY OF POLLUTANTS FROM THE SYSTEM OF ARTIFICIAL FLOATING ISLANDS (IFA) WITH ACHIRA (*Canna indica*), VETIVER (*Vetiveria zizanoide*), PASTA GUINEA (*Panicum maximum*) AND MIX (PASTO GUINEA - ACHIRA) THROUGH A MATHEMATICAL MODEL”

**Authors:** Sánchez Mullo Miriam Jimena

Tipán Chiriboga Jeniffer Aracely

### ABSTRACT

The Artificial Floating Islands (AFI) are a type of wetland with plant species that phytoremedy and phytodepurate the contaminated water that exist in the natural and artificial water. The objective of this current project is to evaluate the effects of different systems: AFISA (Artificial Floating Island System with achira “*C. indica*”), AFISG (Artificial Floating Island System with guinea grass “*P. maximum*”), AFISV (Artificial Floating Island System with vetiver “*V. zizanoide*”) and the AFISM (Artificial Floating Island System Mixed with *C. indica* y *P. maximum*), in the removal of DBO<sub>5</sub> nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), phosphate (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>). For this purpose, it was installed 4 floating islands of 0, 12.m2, one for each plant. The evaluation of the removed parameters and the growth of the plant were performed every 20 days for three months. The date management was performed through data collection techniques in which the percentage of removed species by periods was determined. The removal percentage obtained for the first period: **AFISA** (68% BOD<sub>5</sub>, 3% NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, <1% PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> with pH variation between 7.4 to 7.3.), **AFISG** (<1% BOD<sub>5</sub>, <1% NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 46 % PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> with pH variation between 7.7 to 8.3), **AFISV** (49% BOD<sub>5</sub>, <1% NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 25% PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> with pH variation between 7.5 to 6.1) and **AFISM** (77% DB<sub>5</sub>, <1% NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> 28% with pH variation between 8.2 to 8.3). For the second period: **AFISA** (<1% BOD<sub>5</sub>, 94% NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 98% PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> with pH variation between 6.6 to 6.7), **AFISG** (<1% BOD<sub>5</sub>, 98% NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 97% PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> with pH variation between 7.6 to 7.0), **AFISV** (<1% BOD<sub>5</sub>, 74% NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 96% PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> with pH variation between 6.3 to 6.4) and **AFISM** (<1% BOD<sub>5</sub>, 94% NO<sub>3</sub>, 99% PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> with variation of pH between 6.6 to 7.5). Upon obtaining the removal

percentages, it was determined that the greatest efficiency in the removal of BOD<sub>5</sub> was in the AFISM and AFISA. Regarding to the phosphate removal in the following decreasing order AFISM > AFISA > AFISV > AFISG. Regarding nitrate removal, it showed the following order AFISG > AFISA > AFISM > AFISV. Additionally, by using the linear regression model, it was determined that AFISG starts phosphate removal at 2 days of its development stage (DS) and 31 days DS nitrates; AFISV, initiates the removal of phosphates at 13 days DS and 40 days DS nitrates, AFISA, begins the removal of nitrates and phosphates at 20 days DS and, AFISM initiates the removal of phosphates at 13 days DS and of nitrates at 37 days DS.

**Keywords:** Artificial Floating Islands, Phytoremediation, BOD<sub>5</sub>, Nitrate, Phosphate, Water Pollution, vetiver, achira, guinea grass.

## Índice General

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	i
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR .....	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	v
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT .....	xi
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	3
4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	4
5. OBJETIVOS.....	5
6.1. Objetivo General.....	5
6.2. Objetivos Específicos .....	5
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	6

## CAPÍTULO I

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA.....	7
8.1. RECURSO HÍDRICO .....	7
8.2. CONTAMINACIÓN HÍDRICA.....	7
8.3. MÉTODOS CONVENCIONALES DE TRATAMIENTO .....	7
8.3.1. ELECTROCOAGULACIÓN.....	7
8.3.2. PRECIPITACIÓN QUÍMICA.....	8
8.3.3. COAGULACIÓN - FLOCULACIÓN .....	8
8.4. ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES (IFA) .....	8
8.4.1. DESCRIPCIÓN .....	8
8.4.2. HISTORIA .....	9
8.4.3. ESTRUCTURA .....	9
8.4.4. FUNCIONAMIENTO .....	10
8.4.5. APLICACIÓN DEL SISTEMA IFA EN EL ECUADOR .....	11
8.5. MACROFITAS ADAPTADAS AL SISTEMA .....	12

8.5.1.	ACHIRA ( <i>Canna indica</i> ) .....	12
8.5.1.1.	REQUERIMIENTOS AGROECOLÓGICOS .....	12
8.5.1.2.	MORFOLOGÍA .....	13
8.5.1.3.	ETAPAS FENOLÓGICAS DE LA PLANTA .....	13
8.5.2.	PASTO GUINEA ( <i>Panicum maximum</i> ).....	14
8.5.2.1.	REQUERIMIENTOS AGROECOLÓGICOS .....	14
8.5.2.2.	MORFOLOGÍA .....	14
8.5.2.3.	ETAPAS FENOLÓGICAS DE LA PLANTA .....	15
8.5.3.	VETIVER ( <i>Vetiveria zizanoide</i> ).....	16
8.5.3.1.	REQUERIMIENTOS AGROECOLÓGICOS .....	16
8.5.3.2.	MORFOLOGÍA .....	16
8.5.3.3.	ETAPAS FENOLÓGICAS DE LA PLANTA .....	17
8.6.	PROCESO DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES .....	18
8.6.1.	PROCESO DE REMOCIÓN FÍSICA.....	18
8.6.2.	PROCESO DE REMOCIÓN BIOLÓGICO .....	18
8.6.3.	PROCESO DE REMOCIÓN QUÍMICO .....	19
8.7.	CONTAMINANTES A SER EVALUADOS .....	19
8.7.1.	NITRATOS Y FOSFATOS .....	19
8.7.3.	DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO (DBO <sub>5</sub> ).....	20
8.7.4.	PROCESO DE NITRIFICACIÓN .....	21
8.8.	Lenguaje de programación RStudio (REGRESIÓN LINEAL).....	22
9.	VERIFICACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS .....	23

## **CAPÍTULO II**

10.	METODOLOGÍAS .....	24
10.7.	ÁREA DE ESTUDIO.....	24
10.8.	CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA IFA .....	24
10.8.4.	SELECCIÓN DE MATERIALES .....	25
10.8.5.	PREPARACIÓN DEL SUSTRATO .....	26
10.9.	APLICACIÓN DE NUTRIENTES A LAS PLANTAS.....	28
10.10.	ADAPTACIÓN DEL CUERPO HÍDRICO.....	29
10.10.4.	ADAPTACIÓN DE LAS ESPECIES VEGETATIVAS .....	29
10.11.	PROTOCOLO DE TOMA DE MUESTRA .....	32
10.11.4.	MUESTREO .....	32

10.11.4.1. Llenado del recipiente .....	32
10.11.4.2. Refrigeración de las muestras y congelación de las muestras.....	33
10.11.4.3. Recipientes de muestras para análisis químicos.....	33
10.12. EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE LAS ESPECIES.....	35
10.13. DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE REMOCIÓN .....	35
10.14. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN .....	35
10.14.4. CORRELACIÓN ENTRE EL CRECIMIENTO DE PLANTA Y CONTAMINANTE.....	35
10.15. MODELO MATEMÁTICO .....	36

### **CAPÍTULO III**

11. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....	36
11.1. PREPARACIÓN DE LA FUENTE HÍDRICA .....	37
11.2. DESARROLLO DE LAS ESPECIES VEGETATIVAS.....	37
11.3. EVALUACIÓN IN SITU.....	39
11.4. EFICIENCIA DEL SISTEMA.....	40
11.4.1. REMOCIÓN DE CONTAMINANTES POR CADA SISTEMA .....	41
SIFAP (Sistema de isla flotante artificial con pasto guinea).....	41
SIFAV (Sistema de isla flotante artificial con vetiver) .....	43
SIFAA (Sistema de Isla Flotantes Artificial con achira).....	46
SIFAM (Sistema de Isla Artificial con mix entre achira- pasto guinea) .....	48
11.5. CORRELACIONES SISTEMA DE ISLAS FLORATANTES ARTIFICIALES POR ESPECIES .....	51
11.5.1. CORRELACIONES DEL SIFAP.....	51
11.5.1.1. CRECIMIENTO RADICULAR Vs REMOCIÓN DE CONTAMINANTES 51	
11.5.1.2. CRECIMIENTO AÉREO Vs REMOCIÓN DE CONTAMINANTES.....	52
11.5.2. CORRELACIONES DEL SIFAV .....	53
11.5.2.1. CRECIMIENTO RADICULAR Vs REMOCIÓN DE CONTAMINANTES 53	
11.5.2.2. CRECIMIENTO AÉREO Vs REMOCIÓN DE CONTAMINANTES.....	54
11.5.3. CORRELACIONES DEL SIFAA .....	55
11.5.3.1. CRECIMIENTO RADICULAR Vs REMOCIÓN DE CONTAMINANTES 55	

11.5.3.2.	CRECIMIENTO AÉREO Vs REMOCIÓN DE CONTAMINANTES.....	56
11.5.4.	CORRELACIONES DEL SIFAM .....	57
11.5.4.1.	CRECIMIENTO RADICULAR Vs REMOCIÓN DE CONTAMINANTES 57	
11.5.4.2.	CRECIMIENTO AÉREO Vs REMOCIÓN DE CONTAMINANTES.....	58
11.6.	REGRESIÓN LINEAL RStudio (RL) .....	59
11.6.1.	MODELO DE REGRESIÓN LINEAL SIFA - PASTO GUINEA ( <i>P. maximum</i> )	59
11.6.2.	MODELO DE REGRESIÓN LINEAL SIFA VETIVER ( <i>V. zizanoide</i> ) .....	60
11.6.3.	MODELO DE REGRESIÓN LINEAL SIFA ACHIRA ( <i>C. indica</i> ).....	60
11.6.4.	MODELO DE REGRESIÓN LINEAL SIFA Mix ( <i>C. indica</i> – <i>P. maximum</i> ) ....	61
11.7.	DISCUSIÓN.....	62
12.	IMPACTO (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS) .....	65
12.1.	TÉCNICOS.....	65
12.2.	SOCIALES .....	65
12.3.	AMBIENTALES .....	65
12.4.	ECONÓMICOS .....	65
13.	PRESUPUESTO.....	66
14.	CONCLUSIONES.....	67
15.	RECOMENDACIONES .....	68
16.	REFERENCIAS .....	69

### **Índice de Anexos**

ANEXOS.....	1
Anexo 1. Primer análisis de laboratorio LABIOTEC para pasto guinea.....	1
Anexo 2. Segundo análisis de laboratorio LABIOTEC para pasto guinea .....	1
Anexo 3. Tercer análisis de laboratorio LABIOTEC para pasto guinea .....	2
Anexo 4. Cuarto análisis de laboratorio LABIOTEC para pasto guinea.....	2
Anexo 5. Primer análisis de laboratorio LABIOTEC para vetiver.....	3
Anexo 6. Segundo análisis de laboratorio LABIOTEC para vetiver .....	3
Anexo 7. Tercer análisis de laboratorio LABIOTEC para vetiver .....	4
Anexo 8. Cuarto análisis de laboratorio LABIOTEC para vetiver.....	4
Anexo 9. Primer análisis de laboratorio LABIOTEC para achira.....	5
Anexo 10. Segundo análisis de laboratorio LABIOTEC para achira.....	5

Anexo 11. Tercer análisis de laboratorio LABIOTEC para achira .....	6
Anexo 12. Cuarto análisis de laboratorio LABIOTEC para achira.....	6
Anexo 13. Primer análisis de laboratorio LABIOTEC para Mix (achira – pasto guinea) .....	7
Anexo 14. Segundo análisis de laboratorio LABIOTEC para Mix (achira – pasto guinea) ..	7
Anexo 15. Tercer análisis de laboratorio LABIOTEC para Mix (achira – pasto guinea).....	8
Anexo 16. Cuarto análisis de laboratorio LABIOTEC para Mix (achira – pasto guinea) .....	8
Anexo 17. Programación de ecuación de nitratos y fosfatos en el software RStudio .....	9

## Índice de Tablas

Tabla 1. Beneficiarios del Proyecto.....	3
Tabla 2. Actividades y sistema de tareas en relación de los objetivos planteados .....	6
Tabla 3. Taxonomía de la achira ( <i>Canna indica</i> ).....	12
Tabla 4. Taxonomía de pasto guinea ( <i>Panicum maximum</i> ) .....	14
Tabla 5. Taxonomía de vetiver ( <i>Vetiveria zizanoide</i> ) .....	16
Tabla 6. Materiales para el montaje del sistema IFA .....	25
Tabla 7. Sustrato para pasto guinea .....	27
Tabla 8. Sustrato para vetiver .....	28
Tabla 9. Sustrato para achira .....	28
Tabla 10. Sustrato para mix (achira- pasto guinea).....	28
Tabla 11. Contaminantes y concentraciones agregadas al sistema IFA .....	29
Tabla 12. Sustratos agregados por periodo al sistema IFA .....	36
Tabla 13. Concentración de nutrientes y volumen de agua añadido en el primer periodo.....	37
Tabla 14. Concentración de nutrientes y volumen de agua añadido en el segundo periodo SIFA .....	37
Tabla 15. Crecimiento de las especies vegetativas .....	38
Tabla 16. Crecimiento del sistema radicular del sistema IFA por periodo .....	38
Tabla 17. Resultados de la evaluación in situ (mg/l).....	39
Tabla 18. Porcentajes de remoción con el SIFAP .....	41
Tabla 19. Porcentajes de remoción con el SIFAV.....	43
Tabla 20. Porcentajes de remoción con el SIFAA.....	46
Tabla 21. Porcentajes de remoción con el SIFAM (achira-pasto guinea).....	48
Tabla 22. Tiempo en que inicia la remoción de $\text{NO}_3^-$ y $\text{PO}_4^{3-}$ SIFAP .....	59

Tabla 23. Tiempo en que inicia la remoción de $\text{NO}_3^-$ y $\text{PO}_4^{3-}$ SIFAV .....	60
Tabla 24. Tiempo en que inicia la remoción de $\text{NO}_3^-$ y $\text{PO}_4^{3-}$ SIFAA .....	61
Tabla 25. Tiempo en que inicia la remoción de $\text{NO}_3^-$ y $\text{PO}_4^{3-}$ SIFAM.....	62
Tabla 26. Presupuesto para la Elaboración del Proyecto.....	66

### Índice de Figuras

Figura 1. Vista frontal de la IFA.....	8
Figura 2. Estructura flotante, fibra de coco. ....	10
Figura 3. Funcionamiento del Sistema IFA.....	11
Figura 4. Resultados de coliformes totales, OD Y pH .....	12
Figura 5. Delimitación del área de estudio .....	24
Figura 6. Construcción Invernadero .....	25
Figura 7. Roca pumina .....	26
Figura 8. Humus .....	26
Figura 9. Fibra de coco .....	27
Figura 10. Matriz flotante.....	30
Figura 11. Montaje achira.....	30
Figura 12. Montaje vetiver .....	30
Figura 13. Montaje pasto guinea- mix.....	31
Figura 14. Instalación del sistema de Islas Flotantes Artificiales.....	31
Figura 15. Llenado del recipiente .....	32
Figura 16. Conservación de las muestras .....	33
Figura 17. Recipientes plásticos .....	34
Figura 18. Etiquetado de las muestras .....	34

### Índice de Gráficas

Gráfica 1. Remoción de $\text{DBO}_5$ por el SIFAP .....	41
Gráfica 2. Remoción de $\text{PO}_4^{3-}$ por el SIFAP .....	42
Gráfica 3. Remoción de $\text{NO}_3^-$ por el SIFAP .....	42
Gráfica 4. Remoción de contaminantes – SIFAP .....	43
Gráfica 5. Remoción de $\text{DBO}_5$ con el SIFAV .....	44

Gráfica 6. Remoción de $\text{PO}_4^{3-}$ con el SIFAV .....	44
Gráfica 7. Remoción de $\text{NO}_3^-$ con el SIFAV .....	45
Gráfica 8. Remoción de contaminantes – SIFAV .....	45
Gráfica 9. Remoción de $\text{DBO}_5$ con el SIFAA .....	46
Gráfica 10. Remoción de $\text{PO}_4^{3-}$ con el SIFAA .....	47
Gráfica 11. Remoción de $\text{NO}_3^-$ con el SIFAA.....	47
Gráfica 12. Remoción de contaminantes - SIFAA.....	48
Gráfica 13. Remoción de $\text{DBO}_5$ con el SIFAM .....	49
Gráfica 14. Remoción de $\text{PO}_4^{3-}$ con el SIFAM .....	49
Gráfica 15. Remoción de $\text{NO}_3^-$ con el SIFAM .....	50
Gráfica 16. Remoción de contaminantes - SIFAM .....	50
Gráfica 17. Correlación crecimiento radicular Vs % remoción de contaminantes SIFAP.....	51
Gráfica 18. Correlación crecimiento aéreo Vs % remoción de contaminantes SIFAP .....	52
Gráfica 19. Correlación crecimiento radicular Vs % remoción de contaminantes SIFAV .....	53
Gráfica 20. Correlación crecimiento aéreo Vs % remoción de contaminantes SIFAV .....	54
Gráfica 21. Correlación crecimiento radicular Vs % remoción de contaminantes SIFAA.....	55
Gráfica 22. Correlación crecimiento aéreo Vs % remoción de contaminantes SIFAA .....	56
Gráfica 23. Correlación crecimiento radicular Vs % remoción de contaminantes SIFAM .....	57
Gráfica 24. Correlación crecimiento aéreo Vs % remoción de contaminantes SIFAM.....	58

## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

### **Título**

Evaluación de la capacidad de remoción de contaminantes del sistema de las Islas Flotantes Artificiales (IFA) con achira (*Canna indica*), vetiver (*Vetiveria zizanoide*), pasto guinea (*Panicum maximum*) y mix (pasto guinea – achira) a través de un modelo matemático.

### **Lugar de ejecución**

Salache, Eloy Alfaro, Latacunga, Cotopaxi, zona 3.

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

Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Ingeniería en Medio Ambiente.

### **Nombre del equipo de investigación**

**Tutor de titulación:** Msc. Joseline Luisa Ruiz Depablos

### **Estudiantes:**

Sánchez Miriam

Tipán Jeniffer

### **Área de conocimiento**

Ambiente, Manejo de Recursos Hídricos, Microbiología.

### **Línea de investigación**

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

### **Línea de vinculación**

Servicios: protección del ambiente y desastres naturales

## 1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La industria, ganadería, agricultura, transporte y comercio son las principales actividades que sostienen el desarrollo económico de Latacunga. (INEC, 2010). Debido a inadecuadas prácticas ambientales, el agua de la ciudad es altamente contaminada por actividades domésticas, agrícolas e industriales, las cuales directa o indirectamente son vertidas en los efluentes provenientes de la microcuenca del río Cutuchi. Por lo que es de suma importancia la implementación de alternativas eficientes y accesibles con el fin de mejorar las condiciones del recurso hídrico. En este sentido, según (Delgadillo-López et al., 2011) “la fitoremediación aprovecha la capacidad de ciertas plantas para absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes presentes en el suelo, aire y agua”, por lo tanto como una forma de solucionar los problemas de contaminación hídrica, se tiene como alternativa eficiente y económica a la fitorremediación.

La implementación del sistema IFA con las especies vegetales achira “*Canna indica*”, vetiver “*Vetiveria zizanoide*”, pasto guinea “*Panicum maximum*” y mix entre pasto guinea – achira, se propone como alternativa eco tecnológica, de bajo costo, con altos beneficios a nivel social y ambiental, que tiene como objetivo la depuración y fitoremediación de aguas residuales contaminadas con  $\text{DBO}_5$ ,  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{PO}_4^{3-}$ .

Una vez comprobada la eficiencia de la IFA en la remoción y de los contaminantes, se puede ofrecer a la población, como alternativa de descontaminación de lagos, lagunas, estuarios y reservorios, mejorando así las condiciones productivas y de conservación del entorno local.

## 2. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Los beneficiarios son determinados en base al censo de población y vivienda realizado en el año 2010 por el Instituto Nacional de Estadística y Censo, considerando la cantidad de hombres y mujeres de la población de Latacunga y Salache.

**Tabla 1.** Beneficiarios del Proyecto

<b>BENEFICIARIOS</b>					
<b>DIRECTOS</b>			<b>INDIRECTOS</b>		
<b>Población de Salache</b>			<b>Población de Latacunga</b>		
<b>HOMBRES</b>	<b>MUJERES</b>	<b>TOTAL</b>	<b>HOMBRES</b>	<b>MUJERES</b>	<b>TOTAL</b>
30.336	27.880	58.216	82.301	88.188	170.489

Fuente: (INEC, 2010)

Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

### **3. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

El principal desafío que enfrenta hoy la humanidad es proporcionar agua limpia a una inmensa mayoría de la población mundial. En este sentido, más del 80% de las aguas residuales en países en desarrollo se descarga sin tratamiento, contaminando ríos, lagos y zonas costeras. En 2008, la OMS (Organización Mundial de la Salud) valoró que al menos 3 millones de personas mueren anualmente por enfermedades relacionadas con la calidad del agua. Por ello, hay una necesidad urgente de desarrollar técnicas innovadoras, más eficaces y económicas para el tratamiento de aguas residuales.

En el cantón Latacunga la contaminación del agua, se debe principalmente a las actividades industriales de distinto orden cuyas aguas servidas se arrojan desde la ciudad sin ningún tratamiento, a esto se añade el pastoreo de animales junto a las fuentes.

Environmental Protection Agency (EPA), menciona que elevadas concentraciones de nitratos provocan acidificación de ríos reduciendo la población de fauna y flora acuática, por otro lado, el vertido directo de fosfatos estimula los procesos de eutrofización reduciendo la concentración de oxígeno y variación del pH.

Según la Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA), Las aguas residuales agrícolas en su mayor parte del territorio nacional se caracterizan por sus altos contenidos de nitratos, fosfatos, metales pesados, procedentes de las industrias, minería, fertilizantes, pesticidas, plaguicidas. El tratamiento de las aguas residuales y servidas en su totalidad se ha convertido en una necesidad de carácter urgente, ya que el volumen de contaminación va aumentando progresivamente y esto causa problemas en la estabilidad del ecosistema.

## 4. OBJETIVOS

### 6.1. Objetivo General

Evaluar la capacidad de remoción de contaminantes del sistema de islas flotantes artificiales a partir de achira (*Canna indica*), vetiver (*Vetiveria zizanoide*), pasto guinea (*Panicum maximum*) y mix (pasto guinea – achira) a través de un modelo matemático.

### 6.2. Objetivos Específicos

- Establecer el porcentaje de remoción de nitratos, fosfatos, DBO<sub>5</sub> y variación de pH en el sistema IFA mediante un análisis en campo y laboratorio.
- Determinar la correlación existente entre el crecimiento radicular, aéreo de la planta y el porcentaje de remoción.
- 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 y sistema de tareas en relación de los objetivos planteados

OBJETIVOS	ACTIVIDADES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer el porcentaje de remoción de nitratos y fosfatos en el sistema IFA mediante un análisis en campo y laboratorio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muestreo IN SITU del sistema IFA.</li> <li>• Recolección de datos y aplicación de la fórmula del porcentaje de remoción considerando las entradas y salidas de las concentraciones de los dos periodos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar la correlación existente entre el crecimiento de la raíz, aéreo de la planta y el porcentaje de remoción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación de ecuación adecuada para la determinación del coeficiente de correlación entre el sistema radicular, aéreo con el porcentaje de remoción de contaminantes.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicar un modelo de regresión lineal simple en base a los resultados obtenidos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingreso de datos, tiempo y porcentaje de remoción de nitratos, fosfatos, DBO<sub>5</sub> al software RStudio para determinar las formulas.</li> <li>• Interpretación de datos obtenidos.</li> </ul>

Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

## **8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA**

### **8.1.RECURSO HÍDRICO**

Son los cuerpos de agua que existen en el planeta, desde los océanos hasta los ríos pasando por los lagos, los arroyos y las lagunas. Estos recursos deben preservarse y utilizarse de forma racional ya que son indispensables para la existencia de la vida.

En nuestro planeta el agua se encuentra en todas partes, en los mares, en las selvas y praderas, en los ríos, lagos y pantanos, incluso en los desiertos más áridos y en las caletas glaciales, hay agua en las entrañas volcánicas y en las altas capas de la atmósfera. No hay proceso terrestre ni biológico que no la involucre de alguna manera, directa o indirecta. (Delgado, 2005)

### **8.2.CONTAMINACIÓN HÍDRICA**

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, que provocan también contaminación a pequeña escala. Las actividades productivas de más fuerte impacto contaminante son la minera - petrolera, la industrial y la agroindustrial, por el excesivo uso de agrotóxicos. (Isch Edgar, 2011)

### **8.3.MÉTODOS CONVENCIONALES DE TRATAMIENTO**

#### **8.3.1. ELECTROCOAGULACIÓN**

La electrocoagulación es un proceso que utiliza la electricidad para eliminar contaminantes en aguas que se encuentran suspensión, disueltas o emulsificador. La técnica consiste en inducir corriente eléctrica en el agua residual a través de placas metálicas paralelas de diversos materiales, dentro de los más comúnmente utilizados están el hierro y el aluminio. (Ruiz, 2005)

La corriente eléctrica proporciona la fuerza electromotriz que provoca las reacciones químicas que desestabilizan las formas en las que los contaminantes se encuentran presentes, bien sea suspendidas o emulsificador. (Ruiz, 2005).

### 8.3.2. PRECIPITACIÓN QUÍMICA

Según (Marin, 2012) , “Este método es aplicable para la eliminación de metales que precipiten”, esto mediante una previa alcalinización del sistema, bien como carbonatos o bien como sulfuros, recordando al efecto de los casos de Fe, Sn, Ag, Hg, Ni, Zn, Cu. Con la precipitación química se logran altos rendimientos de eliminación de metales, incluso a valores de pH más bajos que los estequiométricos, y aun en presencia de compuestos y sustancias químicas con capacidad de formar complejos metálicos.

### 8.3.3. COAGULACIÓN - FLOCULACIÓN

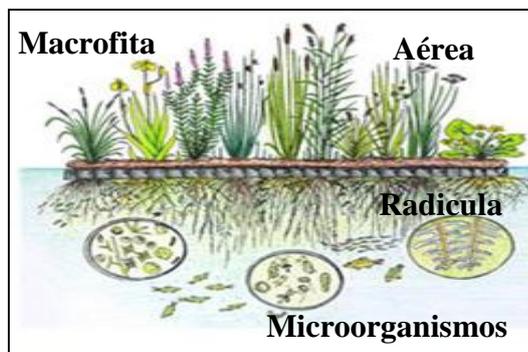
Según (Marin, 2012) “Pueden emplearse para reducir aguas residuales con altas cargas orgánicas, incluso cargas con alto porcentaje de bio-degradabilidad, contando con la ventaja adicional de que además los efluentes puedan presentar un contenido importante de metales u otros compuestos inorgánicos, que también se separarían colateralmente.”

## 8.4. ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES (IFA)

### 8.4.1. DESCRIPCIÓN

De acuerdo con (Martínez-Peña, 2018) “Las islas artificiales conocidos con *Floating Treatment Wetlandas* (FTWs) son alternativas de fitoremediación, forman parte de un humedal conformado por una estructura flotante en el cual se implementan especies acuáticas, el sistema es utilizado como método para la remoción de contaminantes como metales pesados e hidrocarburos además es un método de restauración de ecosistemas acuáticos al momento de ser aplicados en cuerpos de agua”. (figura 1).

**Figura 1.** Vista frontal de la IFA



Fuente: (Martínez-Peña, 2018)

### 8.4.2. HISTORIA

Las IFA (Isla flotante artificial) pertenecen a las tecnologías ambientales emergentes. Fueron originalmente desarrolladas en los años 50 con el objetivo de crear áreas de desove para peces, pero no tuvieron acogida hasta después de 1995. En Alemania, Estados Unidos y Japón decidieron implementarlas en lagos y lagunas como método de remoción de contaminantes obteniendo buenos resultados. (Wang, 2010).

La efectividad de las macrofitas flotantes en la depuración de aguas residuales con contenidos de materias orgánicas y nutrientes ha sido estudiada por varios autores. En las últimas dos décadas, las islas flotantes aparecen como una evolución natural de los humedales artificiales o filtros verdes y se han estudiado en diversas partes del mundo, para diferentes aplicaciones, tales como la mejora de la calidad del agua, la creación de hábitats y la depuración de distintos tipos de aguas residuales. (Jian-feng, Z., 2003).

### 8.4.3. ESTRUCTURA

Para asegurar la durabilidad, resistencia y eficiencia en el proceso de remediación ambiental, el diseño de los lechos flotantes de las IFA toma en cuenta parámetros físicos y biológicos; estos están relacionados con las materias, materiales y su disposición en el lecho flotante, como:

- Flotabilidad
- Medio de crecimiento

**Matriz flotante:** La flotabilidad, puede ser provista en las estructuras de las IFAs por tubos de polivinilo o polipropileno sellados, láminas de poliestireno, bambú y almohadillas de vinilo inflables. El medio de crecimiento de las plantas tiene que ser seleccionado con precaución para favorecer el desarrollo de las raíces, así como su colonización por biopelículas (Fonseca, Gomez, & Edgar, 2018).

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

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



Fuente: (Fonseca & Clairand, 2017)

#### 8.4.4. FUNCIONAMIENTO

Según (Fonseca, Gomez, & Edgar, 2018) las IFAs se diseñan en base a un sistema flotante, están estructurados por una estera orgánica gruesa flotante que sirve como soporte para las plantas; las plantas juegan un papel fundamental en el sistema ya que mientras el agua atraviesa la estera los contaminantes son removidos por las raíces que forman biopelículas; gracias a estas biopelículas que atraen bacterias benéficas ocurre la remoción de los contaminantes.

En el Sistema de Islas Flotantes Artificiales (IFA), se colocan aireadores que generan oxígeno lo cual ayuda al crecimiento de las especies; éste es un medio controlado por lo que se manifiestan mecanismos de eliminación de contaminantes; los principales actores son: el sustrato, la vegetación, el agua a tratar.

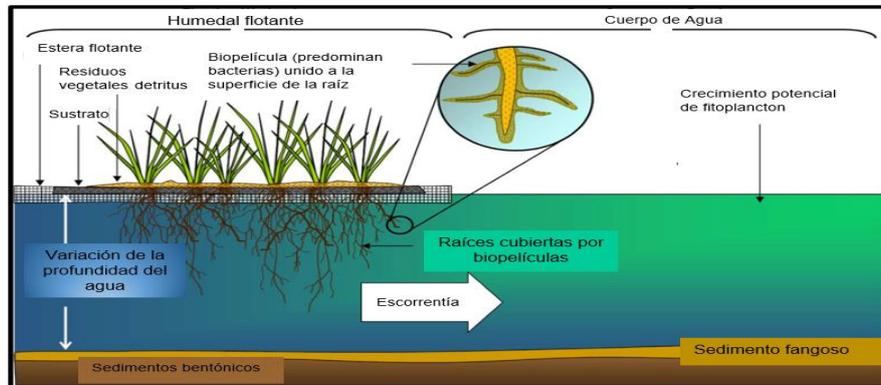
El sustrato sirve como soporte a la especie vegetal que permite la fijación de colonias bacterianas que son la clave de los procesos de eliminación de contaminantes; la vegetación en este caso la achira (*Canna indica L*), pasto guinea (*Panicum maximum*), vetiver (*Chrysopogon Zizaniodes*) y un mix entre achira y pasto guinea Contribuyen a la oxigenación del sustrato, eliminación de nutrientes y el desarrollo de comunidades microbianas; el agua a tratar circula por la isla. Los principales actores 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 (macrofitas):** contribuye a la oxigenación del sustrato, a la eliminación de nutrientes y sobre la que su parte subterránea también se desarrolla la comunidad microbiana.

**El agua a tratar:** circula a través del sustrato y de la vegetación.

**Figura 3.** Funcionamiento del Sistema IFA

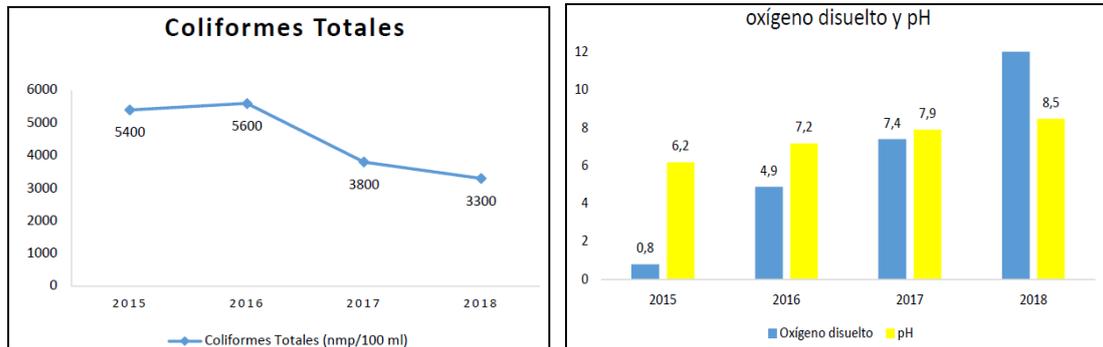


Fuente: (Fonseca et al., 2017)

#### 8.4.5. APLICACIÓN DEL SISTEMA IFA EN EL ECUADOR

En la ciudad de Guayaquil a partir de los años 2010 se llevaron a cabo proyectos de conservación en el que se consideró implementar el proyecto piloto de IFA, teniendo un costo de inversión de USD. 399 mil dólares, de los cuales USD. 200 mil dólares provienen de la Agencia de Cooperación y Coordinación Turca (TIKA) que aportarán a la limpieza y oxigenación de uno de los ramales del Estero Salado. (Negrete et al., 2019)

Las 40 islas y dos lechos flotantes dispuestos en filas en el cuerpo hídrico fueron instalados por el Ministerio de Ambiente con la finalidad de mejorar la calidad del agua y reducir los niveles de contaminación por coliformes fecales y totales. Además, cuenta con un sistema de aireación, como complemento para contribuir en el proceso de oxigenación y depuración del agua. De acuerdo a los resultados obtenidos se obtuvieron que a medida que el tiempo transcurría la cantidad de coliformes totales tendían a disminuir; en el caso de oxígeno disuelto (OD) crecía exponencialmente y se observaba que el pH se tornaba de ácido a neutro lo que evidenciaba una mejoría en la calidad de agua. En las figuras 4 y 5 se muestra los resultados obtenidos de coliformes y OD y pH. (Negrete et al., 2019)

**Figura 4.** Resultados de coliformes totales, OD Y pH

Fuente: (Negrete et al., 2019)

## 8.5. MACROFITAS ADAPTADAS AL SISTEMA

### 8.5.1. ACHIRA (*Canna indica*)

**Tabla 3.** Taxonomía de la achira (*Canna indica*)

TAXONOMÍA	
<b>REINO</b>	Vegetal
<b>CLASE</b>	Monocotiledóneas
<b>ORDEN</b>	Escitaminales
<b>FAMILIA</b>	Cannaceae
<b>GÉNERO</b>	Canna
<b>ESPECIE</b>	C. edulis

Fuente: (Tiuquinga, 2017)

Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

#### 8.5.1.1. REQUERIMIENTOS AGROECOLÓGICOS

La planta se desarrolla en temperaturas de 9°C hasta los 32°C, crece en PH de 4.5 a 7.5 aunque se puede observar en pH de 5 a 6.5 un mejor comportamiento de la planta. (Goyes and Verdezoto, 2013)

Según Caicedo en el Ecuador se puede cultivar desde el nivel del mar hasta 3000 msnm, requiere lluvias moderadas, resiste a periodos de sequía, el requerimiento de agua durante el periodo vegetativo es de 800 a 1120 mm. (Goyes and Verdezoto, 2013)

### **8.5.1.2.MORFOLOGÍA**

La planta achira alcanza hasta dos metros de alto formada por un sistema radical, rizomas, tallo con hojas ovaladas y flores rojas muy vistosas cabe mencionar que producen abundantes rizomas que miden de 5 a 20 cm y en la superficie presentan surcos transversales que marcan la base de escamas que los cubren; el sistema radicular está formado por raíces adventicias, fasciculadas, fibrosas, blancas, cilíndricas que salen por lo general por la parte inferior del rizoma. (Goyes and Verdezoto, 2013).

### **8.5.1.3.ETAPAS FENOLÓGICAS DE LA PLANTA**

#### **LATENCIA / DORMANCIA**

La *Canna indica* es una planta de múltiples rizomas grandes y subterráneos, los cuales entran en latencia en épocas de invierno. Según (Bravo & Gutiérrez, 2019) “En el Ecuador la achira entra en periodo de latencia entre los meses de junio y diciembre”.

#### **GERMINACIÓN / BROTAMIENTO**

La germinación se da de manera asexual o vegetativa por medio de rizomas o cormos; esta es la más utilizada ya que es mucho más rápida debido a que si se lo realiza por semilla demora de 3 meses a 3 años en germinar y los porcentajes de germinación son lentos y larga latencia. (Rodríguez, 2013).

#### **CRECIMIENTO**

Cenzano (1997), afirma que a partir de un rizoma- semilla se puede diferenciar tres etapas: En la primera etapa, se inicia el crecimiento del tallo y del cormo de primer orden, desarrollándose tallos aéreos y raíces. Este periodo tiene una duración de tres meses. La segunda etapa, dura de 6 a 9 meses, incluyendo el desarrollo de cormos de segundo, tercer y cuarto orden y en la tercera etapa 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.

## INFLORESCENCIA

la inflorescencia se presenta entre los 4 y 5 meses, con características de; racimos laxos, flor de color rojo encendido, hay formación de ovarios, sin formación de semillas, se atrofia su desarrollo. Rizomas de buen tamaño hasta de 750 gramos de peso, esféricos, cónicos. (CAICEDO, 2016).

### 8.5.2. PASTO GUINEA (*Panicum maximum*)

**Tabla 4.** Taxonomía de pasto guinea (*Panicum maximum*)

TAXONOMÍA	
<b>REINO</b>	Plantae
<b>CLASE</b>	Liliopsida
<b>ORDEN</b>	Cyperales
<b>FAMILIA</b>	Poaceae
<b>GÉNERO</b>	Panicum
<b>ESPECIE</b>	Panicum máximo

Fuente: (Jacq, 1998)

Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

#### 8.5.2.1. REQUERIMIENTOS AGROECOLÓGICOS

De acuerdo con la descripción de la FAO el pasto guineo se desarrolla en las regiones tropicales y subtropicales, requiere de suelos bien drenados con pH de 5 a 8, no tolera suelos inundables. Requiere de alturas entre 0 – 1500 m.s.n.m. y precipitación entre 1000 mm y 3500 mm por año, se desarrolla durante los meses más cálidos en que la temperatura excede los 40°C y la temperatura de los meses más fríos no desciende de los 17°C, el requerimiento de agua durante el periodo vegetativo es de 800 a 1200 mm (Cueva Rojas and Erreis Peñarreta, 2008).

#### 8.5.2.2. MORFOLOGÍA

El pasto guineo es una gramínea perenne, de origen africano y de hábito de crecimiento fuerte, forma macollas, pueden alcanzar hasta 3 m de altura y de 1 a 1.5 m de diámetro de la macolla. Los tallos son erectos y ascendentes con una vena central pronunciada. La inflorescencia se presenta en forma de panoja abierta de 12 a 40 cm de longitud.

Las raíces son fibrosas, largas y nudosas y ocasionalmente tienen rizomas, esto confiere cierta tolerancia a la sequía. (Sinchiguano Almache Luis Fernando and Almache Guamani Luis Paul, 2018).

### **8.5.2.3. ETAPAS FENOLÓGICAS DE LA PLANTA**

#### **LATENCIA / DORMANCIA**

En la investigación realizada por (Flores et al., 2016) en México, concluyeron que para que ocurra el rompimiento de la latencia se requiere un periodo de inhibición en la oscuridad. debido a que la latencia puede ser física ya que cuenta con una cubierta impermeable al agua en la testa de las semillas, fisiológica debido a que se puede generar por el bloqueo en el metabolismo del embrión, baja actividad enzimática, producción de coenzimas y ácidos nucleicos, y morfológica, ocasionada por la presencia de embriones rudimentarios no desarrollados.

#### **GERMINACIÓN / BROTAMIENTO**

La semilla puede llegar a tardar 30 días en germinar. Después de 160 a 190 días después de la cosecha se encuentra la mejor germinación. Posteriormente al cuarto mes se puede observar el crecimiento radicular abundante y la formación completa de la planta (Bravo and Gutierrez, 2019, p. 47).

#### **CRECIMIENTO**

En un estudio realizado por (Vargas et al., 2014, p. 4) aseguran que “a partir de la germinación inicia el proceso de crecimiento que durante el primer mes de crecimiento y maduración fisiológica se debe realizar un corte de igualación por encima de los nudos. En esta etapa se evidencia que existe un crecimiento acelerado hasta los 40 días, a razón de 2,5 cm por día, a partir del cual crecen más discretamente lo que se debe a adaptaciones fisiológicas de la planta, producto a factores climáticos”.

#### **FLORACIÓN**

El periodo de floración y producción de semilla se prolonga por un largo tiempo, dando origen a una maduración irregular en la panícula. Estas pequeñas semillas están recubiertas de glumas (cubierta floral), las cuales son lisas y vellosas; existen cerca de dos millones por kilogramos (Gonzales, 2017).

### 8.5.3. VETIVER (*Vetiveria zizanoide*)

**Tabla 5.** Taxonomía de vetiver (*Vetiveria zizanoide*)

<b>TAXONOMÍA</b>	
<b>REINO</b>	Plantae
<b>CLASE</b>	Liliopsida
<b>ORDEN</b>	Poales
<b>FAMILIA</b>	Poaceae
<b>GÉNERO</b>	Chrysopogon
<b>ESPECIE</b>	C. Zizanioides

Fuente: (Toapanta & Guamán, 2019)

Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

#### 8.5.3.1. REQUERIMIENTOS AGROECOLÓGICOS

La planta vetiver es una gramínea perenne, parecida a la hierba luisa que se adapta desde el nivel del mar hasta los 2500 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). Se marchita cuando la temperatura de los suelos llega a 10°C a 15°C bajo 0 (-10°C – 15°C) para un periodo de dos a tres días. vetiver siendo una planta tropical prefiere un clima cálido, calificada como de tipo “C4”. (Orihuela, 2017)

La temperatura diario promedio debe ser mayor de 17°C, y un crecimiento rápido la temperatura promedio debe ser mayor a 25°C. Mientras la temperatura del suelo debe ser mayor a 15°C, para el establecimiento del vetiver. (Red Vetiver Venezuela, 2002).

#### 8.5.3.2. MORFOLOGÍA

El vetiver es una planta herbácea con tallos firmes y erectos que pueden soportar flujos de gran velocidad e incrementar el tiempo de detención; el crecimiento denso forma una barrera porosa viviente que actúa como un filtro muy eficiente atrapando sedimentos finos y gruesos, así como contaminantes asociados con el sedimento. Posee un sistema de raíces profundo, denso y penetrante, que puede reducir y prevenir drenaje profundo y promover estabilidad del terreno y la absorción de nutrimento; no son invasivas, se desarrolla de forma rápida, extremadamente resistente a la sequía, a la contaminación y la salinidad. (Orihuela, 2017).

Se adapta a todo tipo de condiciones de cultivo, un punto importante es que, se utiliza para la conservación del suelo y del agua, donde los nutrientes del agua son absorbidos a través del sistema radicular de las plantas de vetiver, que los atrapan en sus tejidos y los utilizan para su crecimiento. (Orihuela, 2017).

### **8.5.3.3.ETAPAS FENOLÓGICAS DE LA PLANTA**

#### **LATENCIA / DORMANCIA**

Bajo condiciones de escarcha o helada su parte aérea muere o entra en latencia y se torna color púrpura pero sus puntos de crecimiento subterráneos sobreviven. el vetiver sobrevivió a una temperatura del suelo de  $-10^{\circ}\text{C}$ , pero no resistió a  $-15^{\circ}\text{C}$ . Recientes estudios demuestran que el crecimiento óptimo de raíces se presenta a temperaturas del suelo de  $25^{\circ}\text{C}$ , pero las raíces continúan creciendo hasta  $13^{\circ}\text{C}$ . Aunque un crecimiento muy pequeño ocurre a temperaturas del suelo en el rango entre  $15^{\circ}\text{C}$  (día) y  $13^{\circ}\text{C}$  el crecimiento de la raíz continúa a una velocidad de  $12.6\text{cm/día}$ , indicando que el pasto vetiver no entra en latencia a esta temperatura y por extrapolación se estima que la latencia ocurre a  $5^{\circ}\text{C}$ . (Orihuela, 2017)

#### **GERMINACIÓN / BROTAMIENTO**

Según Kong et al., (2003), El vetiver puede germinar nuevos brotes y raíces a los 3 o 7 días después de estar en aguas residuales con  $\text{DQO} < 400 \text{ mg/l}$ .

#### **CRECIMIENTO**

La panícula crece entre 15 a 40 cm. de largo y es de color rosado o púrpura. Es una planta perenne cuyo hábito de crecimiento es en forma de macollos erectos con un porte de 150 a 200 cm. de altura. Sus raíces son fibrosas, de aspecto esponjoso y masivo, no tiene estolones y sus rizomas son gruesos y no invasores, las mimas pueden alcanzar más de tres metros de profundidad. Las cañas tienen entre 0.5 y 1.5 m de altura, son fuertes y lignificadas formando una especie de empalizada impenetrable que lo hace especialmente apto como barreras vivas. Sus hojas promedian unos 75 cm. de largo y 0.5 a 1 cm. de ancho, de color verde oscuro y brillante, siendo sus suavidades hacia las puntas, pero firmes y fuertes hacia su base. Se propagan por división de raíces, esquejes y renuevos. (Orihuela, 2017)

## **FLORACIÓN**

florece y produce semillas viables cuando se encuentra en su hábitat natural o sea en zonas pantanosas y revieras de los cursos de agua, pero en condiciones agrícolas es considerado estéril y este es el que se ha difundido por todas partes del mundo. (Orihuela, 2017).

### **8.6. PROCESO DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES**

#### **8.6.1. PROCESO DE REMOCIÓN FÍSICA**

El agua se mueve muy latente a través de los humedales debido al flujo laminar y la resistencia proporcionada por las raíces y las plantas; la sedimentación de sólidos suspendidos se promueve por la baja velocidad, debido a que la eficiencia de la remoción de sólidos suspendidos es proporcional a la velocidad de material articulado y la longitud del humedal. La sedimentación es el resultado de la acumulación de sólidos y contaminantes asociados sobre la superficie del humedal. (Peña & Flores, 2012).

La resuspensión es el resultado de la turbulencia de la dirección del viento, bioturbación (perturbación por animales o humanos) y desprendiendo gases. El desprendimiento de gas resulta a partir de O<sub>2</sub>, la fotosíntesis del agua, metano y dióxido de carbono que se produce por los microorganismos en la sedimentación durante la descomposición de la materia orgánica. (Peña & Flores, 2012).

#### **8.6.2. PROCESO DE REMOCIÓN BIOLÓGICO**

Los contaminantes tales como nitrato, amonio y fosfatos también son formas de nutrientes que son tomados fácilmente por las plantas del humedal; incluso hay plantas que captan y acumulan significativos metales dependiendo de la velocidad de crecimiento de la planta y la concentración de contaminantes en el tejido de la planta. (Peña & Flores, 2012).

En la mayoría de los humedales hay una acumulación de detritus (material vegetal muerto) debido a la velocidad de descomposición disminuye sustancialmente bajo condiciones anaerobias que prevalecen en el suelo; si sobre un periodo extenso de tiempo, la velocidad de descomposición de la materia orgánica es más baja que la de descomposición de la materia orgánica del suelo, ocurre la formación de la turba, la turba de esta manera, algunos de los contaminantes se pueden atrapar y almacenar como turba. (Peña & Flores, 2012).

Sin embargo, es susceptible a la descomposición si el humedal se drena, cuando esto sucede los contaminantes que se encuentra en la turba se pueden liberar, reciclar y/o limpiar un chorro de agua del humedal. Los descompuestos microbianos sobre todo las bacterias del suelo utilizan carbono de la materia orgánica como fuente de energía convirtiéndola en gases de CO<sub>2</sub> o metano (CH<sub>4</sub>). (Peña & Flores, 2012).

El metabolismo microbiano también produce remoción de nitrato y amonio; bacterias especializadas transforman metabólicamente el nitrato en gas de nitrógeno (N<sub>2</sub>) proceso conocido como desnitrificación y el gas se pierde posteriormente en la atmosfera. (Peña & Flores, 2012).

### **8.6.3. PROCESO DE REMOCIÓN QUÍMICO**

El proceso más importante de la remoción es la absorción que se refiere a la unión de iones a las partículas del suelo, por intercambio catiónico o absorción química. La absorción química implica un intercambio iónico fuerte, un número de metales y compuestos orgánicos se puede inmovilizar en el suelo vía absorción química de las arcillas, óxidos de hierro y aluminio; el fosfato puede precipitarse con óxidos de hierro y aluminio que son potencialmente muy estables en el suelo produciendo el almacenamiento de fosforo a largo plazo. (Peña & Flores, 2012).

## **8.7. CONTAMINANTES A SER EVALUADOS**

### **8.7.1. NITRATOS Y FOSFATOS**

La remoción de nitratos y fosfatos se da principalmente en la raíz de la planta ya que en donde las comunidades microbianas presentes en los sistemas de depuración de aguas se agrupan en estructuras y forman las biopelículas que son agregados de partículas orgánicas e inorgánicas junto con una comunidad microbiana unido a través de polímeros microbianos extracelulares.

Los sistemas biológicos de depuración se encuentran constituidos por bacterias, protistas, metazoos, hongos, algas y organismos filamentosos. Los hongos y las algas generalmente no tienen gran importancia dentro del proceso, mientras que los protistas, metazoos, las bacterias y los organismos filamentosos son los principales responsables de la eficiencia en el tratamiento biológico del agua residual. Cada una de estas poblaciones desempeña un papel determinado en el proceso y en conjunto forman la comunidad biológica característica del sistema de depuración. (Hubbard, 2010).

En el ambiente el nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) generalmente se convierte en nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) fácilmente, lo que significa que el nitrato raramente está presente en agua subterránea. El nitrato es esencial en el crecimiento de las plantas. (Bolaños-Alfaro et al., 2017).

Según (Bolaños-Alfaro et al., 2017), explica que existen dos tipos de fuentes de contaminación de las aguas naturales por compuestos nitrogenados: la contaminación puntual y la dispuntual. El primer caso se asocia a actividades de origen industrial, ganadero o urbano, mientras que, en la contaminación dispersa o difusa, la actividad agronómica es la causa principal.

El ion fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) se forma a partir del fosfato inorgánico que existe como mineral y contribuye directamente en el ciclo de este elemento en el ambiente. También puede existir en solución como partículas, como fragmentos sueltos o en los cuerpos de organismos acuáticos. El agua de lluvia puede contener distintas cantidades de fosfatos que se filtran de los suelos agrícolas a los cuerpos de agua próximos. (Bolaños-Alfaro et al., 2017).

Según Ramamlho (2009) en los últimos años, no obstante, ha crecido notablemente el interés por la eliminación del N (también pero menos el S y el P). Estos compuestos pueden provocar un crecimiento anormal de algas, plantas acuáticas y microorganismos de diferentes clases. Esto ejerce una fuerte demanda de oxígeno, la cual afecta negativamente la vida de los peces y tiene un negativo impacto en el uso del agua. A este fenómeno se le llama Eutrofización del agua.

### **8.7.3. DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO ( $\text{DBO}_5$ )**

La DBO o Demanda Biológica de Oxígeno es la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar la materia orgánica biodegradable existente en un agua residual. Es por tanto una medida del componente orgánico que puede ser degradado mediante procesos biológicos. Se puede decir por tanto que la DBO representa la cantidad de materia orgánica biodegradable y la DQO representa tanto la materia orgánica biodegradable como la no biodegradable. (Hidritec, 2016)

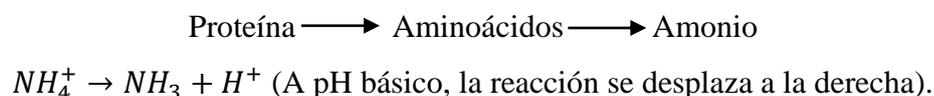
También Ramamlho en el año 2009 mencionan que el DBO es uno de los indicadores más importantes en la medición de la contaminación en aguas residuales (AR); se usa como una medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación de la materia biodegradable presente en la muestra de agua y como resultado de la acción de oxidación bioquímica aerobia la demanda de oxígeno de las aguas residuales es resultado de tres tipos de materiales:

- Materiales orgánicos carbónicos utilizables como fuente de alimentación por microorganismos
- Nitrógeno oxidable derivad de la presencia de nitritos, amoniaco y en general compuestos orgánicos nitrogenados que sirven como alimentación para bacterias específicas (*Nitrosomas* y *Nitrobater*); este tipo de oxidación se lo conoce como proceso de nitrificación
- Compuestos químicos reductores (ion ferroso, sulfitos, sulfuros que se oxidan por oxígeno disuelto)

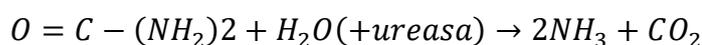
A continuación, se detalla más a fondo el proceso de nitrificación:

#### 8.7.4. PROCESO DE NITRIFICACIÓN

El origen del N en las aguas residuales puede ser muy diverso, predominando el que proviene de la mineralización de la materia orgánica a amoniaco o amonio según se indica en la siguiente secuencia:

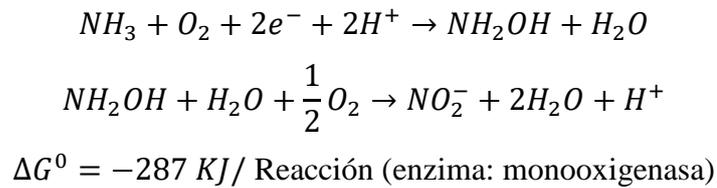


También, a través de la enzima ureasa, la urea puede degradarse en amoniaco y dióxido de carbono:

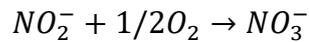


Consiste en la conversión del amonio a nitrato mediante la acción microbiana. Este proceso es llevado a cabo por las bacterias nitrificantes, quimiolitótrofas aerobias estrictas, Gram negativas capaces de oxidar el amoniaco. El proceso tiene lugar en dos fases: Por una parte, las bacterias pertenecientes al género *Nitrosomonas* básicamente (bacilos con sistemas de membrana periféricos) oxidan el amoniaco a nitrito. Posteriormente, éste es oxidado a nitrato por las bacterias oxidadoras de nitrito del género *Nitrobacter* (bacilos cortos que se reproducen por gemación y con sistemas de membranas organizados como una capa polar). El proceso final se realiza en 3 etapas (dos para la oxidación a nitrito mediante un paso intermedio de hidroxilamina y una para nitrato):

Bacterias nitrosificantes (*Nitrosomonas*):



Bacterias nitrificantes (*Nitrobacter*):



### 8.8. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN RStudio (REGRESIÓN LINEAL)

R, también conocido como “GNU S”, es un entorno y un lenguaje de programación para el cálculo estadístico y la generación de gráficos. R implementa un dialecto del premiado lenguaje S, desarrollado en los Laboratorios Bell por John Chambers et al. Provee un acceso relativamente sencillo a una amplia variedad de técnicas estadísticas y gráficas y ofrece un lenguaje de programación completa, bien desarrollada, con el que añadir nuevas técnicas mediante la definición de funciones. Entre otras características, dispone de almacenamiento y manipulación efectiva de datos; operadores para cálculo sobre variables indexadas (arrays) y en particular matrices; una amplia, coherente e integrada colección de herramientas y posibilidades gráficas para análisis de datos. (MANUAL DE PRÁCTICAS CON R, 2016)

## 9. VERIFICACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

¿La evaluación de la remoción de contaminantes con el sistema de Islas Flotantes Artificiales (IFA), con las especies vegetales (achira, vetiver, pasto guinea y mix pasto guinea - achira) constituye una alternativa para mejorar la calidad del agua contaminada?

De acuerdo al muestre in situ y a los datos obtenidos de los análisis de los 4 sistemas IFA (SIFAP, SIFAV, SIFAA y SIFAM), se determinó, mediante la aplicación de una fórmula matemática de porcentaje de remoción de contaminantes que los sistemas IFA, si remueven  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{PO}_4^{3-}$ .

¿La evaluación del sistema de Islas Flotantes Artificiales (IFA) con las especies vegetales (achira, vetiver, pasto guinea y mix (pasto guinea - achira) permite determinar un modelo matemático de remoción de contaminantes?

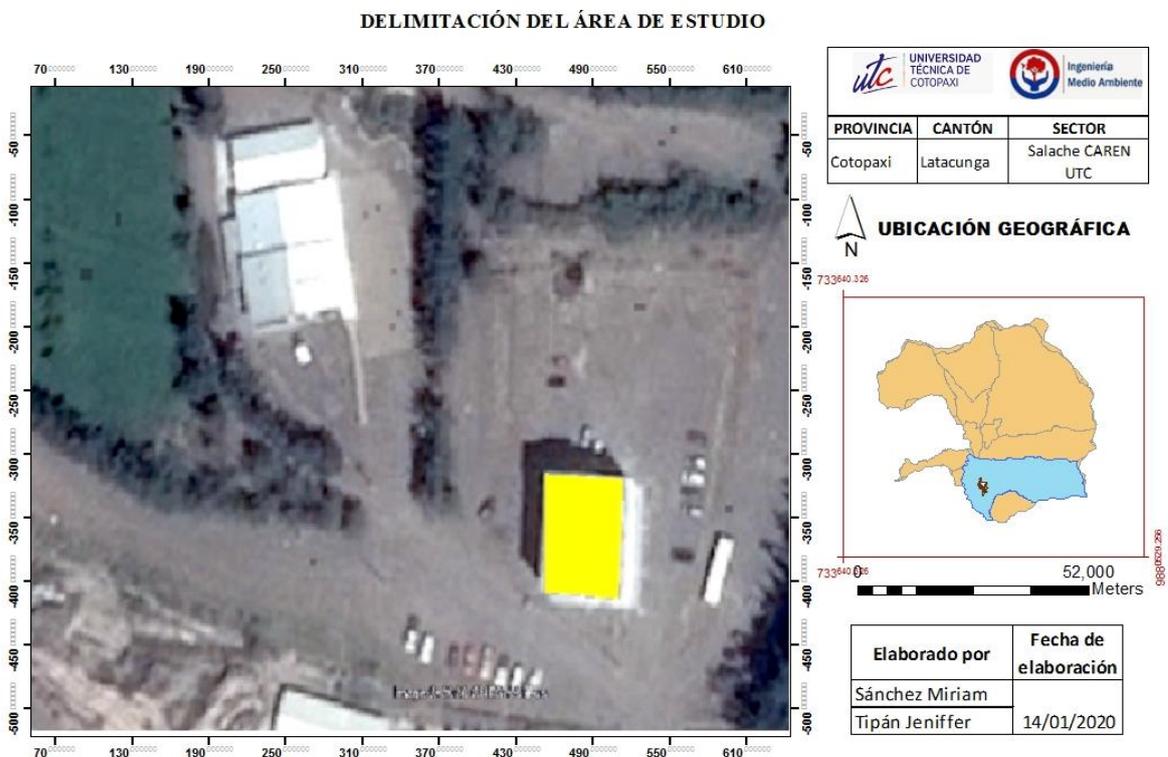
Mediante en software RStudio se pudo determinar, el intervalo de tiempo en el que los SIFA con las distintas especies vegetales remueven los contaminantes (nitratos y fosfatos).

## 10. METODOLOGÍAS

### 10.7. ÁREA DE ESTUDIO

El área de investigación se desarrolló en la provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, sector Salache en la Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, en las instalaciones del laboratorio de CAREN, UTM-WGS-84-Z17S 764510 E 9889371.5 N.

**Figura 5.** Delimitación del área de estudio



Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

### 10.8. CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA IFA

Para la adecuación del sistema IFA se diseñó una estructura con pingos, alambre, cubierta de plástico y sarán de 27,3 m<sup>2</sup>, creando un microclima con una temperatura entre 20 - 30 °C. Dentro del invernadero se incluyen conexiones eléctricas para el sistema de aireación de cada una de las plantas dispuestas a las Isla Flotante. (Figura 6)

**Figura 6.** Construcción Invernadero

Fuente: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

#### 10.8.4. SELECCIÓN DE MATERIALES

Para el montaje del sistema IFA para las 4 especies vegetales achira (*Canna indica*), pasto guinea (*Panicum maximum*), vetiver (*Vetiveria zizanoide*) y mix (pasto guinea- achira) se seleccionaron los siguientes materiales.

**Tabla 6.** Materiales para el montaje del sistema IFA

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA
1	Tina de 150 litros	4	Unidad
2	Bomba de aire S2000, Marca JAD doble entrada	2	Unidad
3	Tubos PVC 2.5 pulgadas	2	Metro
4	Malla de poli cloruro de vinilo de 1.5 cm de abertura	1,30	Metro
5	Botellas de plástico	10	Unidad
6	Alambre	0,75	Metros
7	Correas de PVC	20	Unidad
8	Botellas con tapa plana de 1 litro (Muestras)	16	Unidad
9	Guantes de látex	2	Par
10	Hielera Cooler	1	Unidad
11	Transporte para las muestras	16	Pasaje
12	Análisis físico químico	4	Laboratorio

Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

### 10.8.5. PREPARACIÓN DEL SUSTRATO

Roca pumina: debido a su porosidad y baja densidad ayuda a mantener un soporte y flotabilidad a las islas. Para las 4 islas flotantes se implementó 2 capas de roca pumina.

**Figura 7.** Roca pumina



Fuente: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

Humus: en las islas de pasto guinea y mix (pasto guinea y achira) se incorporó el humus ya que por su aporte de nutrientes facilita la germinación de las especies vegetativas.

**Figura 8.** Humus



Fuente: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

Fibra de coco: permite el equilibrio óptimo entre la retención de agua y capacidad de aireación evitando la aparición de enfermedades en las raíces. Para la preparación de la fibra de coco se ejecutó el siguiente proceso;

- La fibra se extrae de manera manual de la corteza del coco, la cual debe quedar a manera de hilos.
- Con el coco ya desmenuzado en hilos procedemos al lavado que se lo realiza con abundante agua, la sal se debe ir incorporando de manera progresiva con la finalidad de eliminar los aminoácidos de la fibra.
- Se realiza un nuevo lavado que retire la sal.
- Finalmente secamos la fibra de coco en una estufa.

**Figura 9.** Fibra de coco



Fuente: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

De acuerdo a la morfología de cada una de las especies se preparó el sustrato para las 4 islas flotantes con las siguientes cantidades:

**Tabla 7.** Sustrato para pasto guinea

SUSTRATO	CANTIDAD	UNIDAD
Roca pumina	0,20	Kg
Humus	0,50	Kg
Fibra de coco	0,24	Kg

Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

**Tabla 8.** Sustrato para vetiver

<b>SUSTRATO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>
Roca pumina	0,24	Kg
Fibra de coco	0,24	Kg

Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

**Tabla 9.** Sustrato para achira

<b>SUSTRATO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>
Roca pumina	0,20	Kg
Fibra de coco	0,24	Kg

Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

**Tabla 10.** Sustrato para mix (achira- pasto guinea)

<b>SUSTRATO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>
Roca pumina	0,20	Kg
Humus	0,50	Kg
Fibra de coco	0,24	Kg

Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

## **10.9. APLICACIÓN DE NUTRIENTES A LAS PLANTAS**

Para el fortalecimiento del sistema radicular de las plantas adaptadas al sistema IFA, se agregó para cada una de ellas 125 g de enraizante “ECONAURE”

## 10.10. ADAPTACIÓN DEL CUERPO HÍDRICO

El agua se tomó de un canal de riego proveniente del río Cutuchi, con coordenadas UTM-WGS-84-Z17S 0,998611, posteriormente se depositó en 4 tinas. El volumen que se consideró fue de 110 litros, para determinar el volumen se tomó las dimensiones de la tina y se utilizó la siguiente fórmula:

$$V = \pi * R^2 * h.$$

Donde:

V: volumen

R: radio

h: altura del agua

Para mantener el balance de los contaminantes en el sistema IFA, se agregaron soluciones de fosfato monomónico y urea.

**Tabla 11.** Contaminantes y concentraciones agregadas al sistema IFA

CONTAMINANTE	CONCENTRACIÓN (g/l)	
	PRIMER PERIODO	SEGUNDO PERIODO
Fosfato Monomónico (NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	14,4	28,4
Urea (CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O)	3,42	6,84

Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

### 10.10.4. ADAPTACIÓN DE LAS ESPECIES VEGETATIVAS

Para la adaptación de las especies vegetales (achira, vetiver, pasto guinea y mix pasto guinea – achira), se realizó el siguiente proceso:

1. Se construyeron matrices flotantes de 0,3 m x 0,4 m con tubos PVC de 2,5 pulgadas, a lo cual se le ajustó la malla de poli cloruro de vinilo de 1.5 cm de abertura cubriendo toda la matriz. (Figura 10).

**Figura 10.** Matriz flotante



Fuente: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

2. En las matrices flotantes se dispuso una capa de roca pumina de unos 4 cm de diámetro aproximadamente y una capa de roca pumina triturada.
3. Las plantas achira y vetiver se ubicaron en las islas procurando que las raíces queden fuera de la malla, posteriormente se recubre con fibra de coco.

**Figura 11.** Montaje achira



Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

**Figura 12.** Montaje vetiver



Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

- Las plantas pasto guinea y mix (pasto guinea- achira) fueron adicionadas con humus, posteriormente se colocó la fibra de coco.

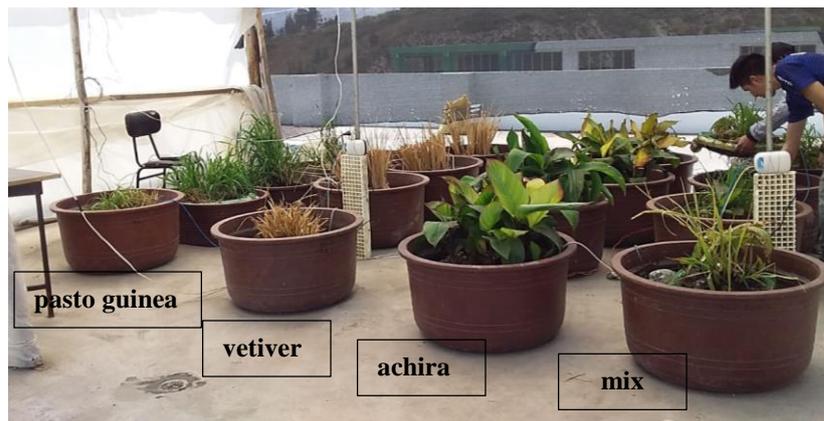
**Figura 13.** Montaje pasto guinea- mix



Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

- Se instaló el sistema IFA con bombas de aire de doble entrada. Se ubicaron los lechos flotantes y se llevó a cabo el funcionamiento de las IFA.

**Figura 14.** Instalación del sistema de Islas Flotantes Artificiales



Fuente: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

## 10.11. PROTOCOLO DE TOMA DE MUESTRA

Para la toma de muestras se obtuvo como referencia la Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2169:98. AGUA: CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS.

### 10.11.4. MUESTREO

Muestras puntuales: Las muestras puntuales son muestras individuales, recogidas de forma manual o automática, para aguas en la superficie, a una profundidad específica y en el fondo. (INEN, 2013)

#### 10.11.4.1. Llenado del recipiente

Para la determinación de parámetros físicos y químicos, se llenará los frascos completamente y taparlos de tal forma que no exista aire sobre la muestra ya que esto limita la interacción de la fase gaseosa y la agitación durante el transporte, así se evita la modificación del contenido de dióxido de carbono y la variación en el valor del pH. (INEN, 2013).

**Figura 15.** Llenado del recipiente



Fuente: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

#### 10.11.4.2. Refrigeración de las muestras y congelación de las muestras

La refrigeración se realizó de inmediato en el laboratorio; pero en el caso del traslado de las muestras fuera de las instalaciones de la universidad se toman las siguientes consideraciones:

El simple enfriamiento (en baño de hielo o en refrigerador a temperaturas entre 2°C y 5°C) y el almacenamiento en un lugar oscuro, en muchos casos, es suficiente para conservar la muestra durante su traslado al laboratorio y por un corto período de tiempo antes del análisis. (INEN, 2013).

**Figura 16.** Conservación de las muestras



Fuente: Sánchez, M & Tipán, J (2019).

#### 10.11.4.3. Recipientes de muestras para análisis químicos

Los recipientes de vidrio son recomendados para la determinación de compuestos químicos orgánicos y de especies biológicas, y los recipientes plásticos para la determinación de radionucléidos. (INEN, 2013). (Figura 17)

**Figura 17.** Recipientes plásticos

Fuente: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

#### 10.11.4.4. Rotulado

Debe incluirse al menos los siguientes datos en el informe de muestreo: localización y nombre del sitio del muestreo, con coordenadas (lagos y ríos) y cualquier información relevante de la localización, detalles del punto de muestreo, fecha de la recolección, método de recolección, hora de la recolección, nombre del recolector, condiciones atmosféricas, naturaleza del pre tratamiento, conservante o estabilizador adicionado, datos recogidos en el campo. (INEN, 2013).

**Figura 18.** Etiquetado de las muestras

ETIQUETAS DE ENVASES	
ID Muestra:	_____
Muestra N°:	_____
Responsable:	_____
Fecha:	_____ Hora: _____
T°(C)	_____
pH:	_____
Observaciones adicionales:	_____

Fuente: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

## 10.12. EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE LAS ESPECIES

Para la evaluación del crecimiento de las distintas especies vegetativas, se realizó mediciones del sistema radicular y foliar. Las mediciones se realizaron durante el muestreo in situ cada 20 días por 3 meses.

## 10.13. DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE REMOCIÓN

Para determinar la eficiencia del sistema de islas flotantes con las especies en estudio, se analizó los datos y resultados de las concentraciones de DBO<sub>5</sub>, nitratos, fosfatos y pH obtenidos en cada una de las tinas instaladas, aplicando la siguiente ecuación del porcentaje de remoción. (Fonseca, Gomez, & Edgar, 2018)

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

En donde:

%R<sub>N</sub> = El porcentaje de remoción del contaminante.

C<sub>0</sub> = El valor de concentración del parámetro inicial.

C<sub>1</sub> = El valor de concentración del parámetro final.

## 10.14. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN

### 10.14.4. CORRELACIÓN ENTRE EL CRECIMIENTO DE PLANTA Y CONTAMINANTE

Para la correlación entre el crecimiento de la planta (radicular y aéreo) y remoción de contaminantes, se utilizó la siguiente formula:

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

Donde:

Cov: covarianza entre el valor x e y

σ<sub>x</sub>: desviación de x

Para la gráfica de las correlaciones mencionadas anteriormente se insertó el gráfico de dispersión (x, y) o de burbujas.

### 10.15. MODELO MATEMÁTICO

Se realizó la correlación entre el tiempo y remoción de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) y fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), mediante regresión lineal, en el software estadístico Rstudio, obteniendo 2 ecuaciones

Los códigos del modelo de regresión lineal simple se encuentran en el anexo 18.

## 11. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

La evaluación de la remoción de  $\text{DBO}_5$ , nitratos, fosfatos en el sistema IFA, se realizó en la etapa de crecimiento de las 4 especies vegetales (*C.indica*, *P. maximum*, *V. zizanoide* y *mix entre C.indica y P. maximum*) durante tres meses, en dos periodos.

**Tabla 12.** Sustratos agregados por periodo al sistema IFA

	PERIODO	DURACIÓN	SUSTRATO AGREGAO
<b>PASTO GUINEA VETIVER ACHIRA MIX</b> (pasto guinea-achira)	1	20	fosfato monoamónico 14,4 g; urea 3,42 g
	2	20	fosfato monoamónico 28,8 g; urea 6,84 g

Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

### 11.1. PREPARACIÓN DE LA FUENTE HÍDRICA

El agua adherida al sistema fue preparada con las siguientes concentraciones:

**Tabla 13.** Concentración de nutrientes y volumen de agua añadido en el primer periodo

SISTEMA IFA	VOLUMEN INICAL (L)	CONCENTRACIONES	
		Fosfato Monoamónico (g/l)	Urea (g/l)
PASTO GUINEA	110,00	14,4	3,42
VETIVER	110,00	14,4	3,42
ACHIRA	110,00	14,4	3,42
MIX	110,00	14,4	3,42

Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

Con el fin de analizar el comportamiento de los sistemas IFA se procedió a duplicar su concentración y se completó el agua al volumen inicial.

**Tabla 14.** Concentración de nutrientes y volumen de agua añadido en el segundo periodo SIFA

SISTEMA IFA	VOLUMEN INICAL (L)	VOLUMEN AGREGADO (L)	CONCENTRACIONES	
			Fosfato Monoamónico (g/l)	Urea (g/l)
PASTO GUINEA	110,00	18,68	28,8	6,84
VETIVER	110,00	30,36	28,8	6,84
ACHIRA	110,00	37,76	28,8	6,84
MIX	110,00	88,36	28,8	6,84

Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

### 11.2. DESARROLLO DE LAS ESPECIES VEGETATIVAS

La medición del crecimiento de las especies vegetativas en el sistema IFA, se realizó durante el muestreo in situ, en la etapa de desarrollo de las plantas durante tres meses. (Tabla 15)

**Tabla 15.** Crecimiento de las especies vegetativas

SISTEMA IFA		NÚMERO DE DIAS	Radicular (cm)	Foliar (cm)	Total (cm)
ACHIRA		24/10/2019	25	46	71
		13/11/2019	34	48	82
		5/12/2019	42,5	61	103,5
		25/12/2019	43,5	67	110,5
VETIVER		24/10/2019	52,5	37,2	89,7
		13/11/2019	57	46,5	103,5
		5/12/2019	59	50	109
		25/12/2019	59	54	113
PASTO GUINEA		24/10/2019	30,2	46,3	76,5
		13/11/2019	38	50	88
		5/12/2019	45	52	97
		25/12/2019	45,5	56	101
MIX (achira – pasto guinea)	Achira	24/10/2019	19,5	27	46,5
	Pasto guinea		21	37,6	58,6
	Achira	13/11/2019	37	32	69
	Pasto guinea		24	46	70
	Achira	5/12/2019	37,5	36	73,5
	Pasto guinea		27	34	61
	Achira	25/12/2019	38,1	42	80,1
	Pasto guinea		27	43	70

Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

**Tabla 16.** Crecimiento del sistema radicular del sistema IFA por periodo

SISTEMA IFA		Periodo	Fechas muestreo	Radicular (cm)
ACHIRA		1	24/10/2019	25
			13/11/2019	34
		2	5/12/2019	42,5
			25/12/2019	43,5
VETIVER		1	24/10/2019	52,5
			13/11/2019	57
		2	5/12/2019	59
			25/12/2019	59
PASTO GUINEA		1	24/10/2019	30,2
			13/11/2019	38
		2	5/12/2019	45
			25/12/2019	45,5
MIX (achira –	Achira	1	24/10/2019	19,5
	Pasto guinea			21
	Achira			37

<b>pasto guinea)</b>	Pasto guinea			24
	Achira	<b>2</b>	5/12/2019	37,5
	Pasto guinea			27
	Achira		25/12/2019	38,1
	Pasto guinea			27

Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

De acuerdo al análisis del crecimiento radicular de las especies vegetativas ilustrados en la tabla 16, se observa que todas las plantas mostraron un desarrollo de su sistemas radicular durante los periodos de la investigación, mostrando un mayor crecimiento la especie vetiver (*Vetiveria zizanoide*), lo que demuestra (toxicidad de los contaminantes hacia la planta), sin embargo en el segundo periodo no se observó un crecimiento ya que se mantuvo en los 59 cm, debido a que, por su morfología el sistema radicular del *Vetiveria zizanoide* se desarrolla de acuerdo a la profundidad del lugar en el que se encuentre adaptada la planta. Según Van and Truong, (2003), las raíces del pasto vetiver pueden crecer hasta llegar al nivel freático, sin embargo, no pueden penetrarlo, por lo tanto, en lugares en los que el nivel del agua está más cerca de la superficie, el crecimiento del sistema radicular es limitado.

### 11.3.EVALUACIÓN IN SITU

Las concentraciones que se obtuvieron en el laboratorio LABIOTEC de DBO<sub>5</sub>, nitratos fosfatos y pH se muestran en la tabla 17.

**Tabla 17.** Resultados de la evaluación in situ (mg/l)

	<b>SIFAP</b>				<b>SIFAV</b>				<b>SIFAA</b>				<b>SIFAM</b>			
	<b>PRIMER PERIÓDO</b>		<b>SEGUNDO PERIODO</b>		<b>PRIMER PERIÓDO</b>		<b>SEGUNDO PERIODO</b>		<b>PRIMER PERIÓDO</b>		<b>SEGUNDO PERIÓDO</b>		<b>PRIMER PERIÓDO</b>		<b>SEGUNDO PERIÓDO</b>	
DBO <sub>5</sub>	0.72	1.8	3.82	4.01	3.28	1.66	1.32	6.6	1.6	0.51	1.18	6.6	5	1.14	4.71	6.6
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	111.3	60.31	561	15.2	266.3	200.6	632	25	134	136.4	807.5	12.4	88.2	63.64	560	4.5
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	44.97	97.7	152.2	3.33	6.1	309.8	563.5	146.4	54.25	52.55	90.92	5.16	19.77	112.2	237	8.43
pH	7.7	8.3	7	6.7	7.5	6.1	6.3	6.4	7.4	7.3	6.6	6.7	8.2	8.3	6.6	7.5

Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

Los resultados obtenidos muestran que las concentraciones de  $\text{DBO}_5$  en el sistema IFA (ver tabla 17) en el primer periodo disminuyeron en el 75 % de las IFA, específicamente en las especies vetiver (*Vetiveria zizanoide*), achira (*Canna indica*) y mix pasto guinea-achira con la excepción de la especie pasto guinea (*Panicum maximum*). Por otro lado, en el segundo periodo se observó un aumento en la concentración de  $\text{DBO}_5$  en todos los sistemas IFA.

En cuanto a la evaluación de fosfatos se puede observar (ver tabla 17) que la cantidad de fosfatos en todos los sistemas IFA disminuye durante los dos periodos con la excepción, de la especie achira (*Canna indica*), en la cual prácticamente la concentración de fosfato se mantuvo constante, sin embargo, en el segundo periodo de estudio, la concentración de fosfatos disminuye significativamente.

En cuanto a los nitratos las cantidades disminuyeron en las especies vetiver (*Vetiveria Zizanoide*) y achira (*Canna indica*) durante los dos periodos, no obstante, se observó que en el SIFA pasto guinea, vetiver y mix hubo un aumento de nitratos en el segundo periodo debido a que se agregó al sistema 14,4 g fosfato monoamónico y 3,42 g de urea.

En el caso del pH se observó una variabilidad durante los dos periodos para pasto guinea (*Panicum maximum*) de 6.7 a 7.7; vetiver (*Vetiveria zizanoide*) de 6 a 7.5, achira (*Canna indica*) de 6.6 a 7.4 y en el mix (pasto guinea-achira) de 7.5 a 8.2.

#### **11.4. EFICIENCIA DEL SISTEMA**

Para determinar la eficiencia del sistema se analizó el porcentaje de remoción para los contaminantes  $\text{DBO}_5$ , nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) de los SIFAP (sistema de isla flotante artificial con pasto guinea), SIFAV (sistema de isla flotante artificial con vetiver), SIFAA (sistema de isla flotante artificial con achira), SIFAM (sistema de isla flotante artificial con mix).

### 11.4.1. REMOCIÓN DE CONTAMINANTES POR CADA SISTEMA

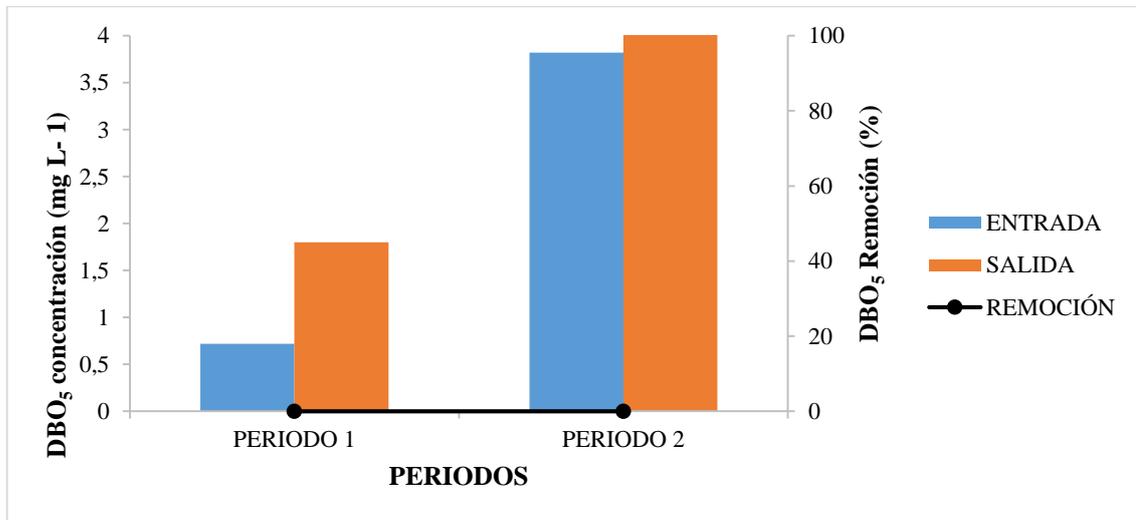
#### SIFAP (Sistema de isla flotante artificial con pasto guinea)

**Tabla 18.** Porcentajes de remoción con el SIFAP

CONTAMINANTES	ENTRADA		SALIDA		REMOCIÓN
	PERIODO	CONCENTRACIONES	PERIODO	CONCENTRACIONES	
		mg/l		mg/l	
DBO <sub>5</sub>	1	0.72	20	1.8	0
	2	3.82	20	4.01	0
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1	111.3	20	60.31	46
	2	561	20	15.2	97
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1	44.97	20	97.7	0
	2	152.2	20	3.33	98

Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

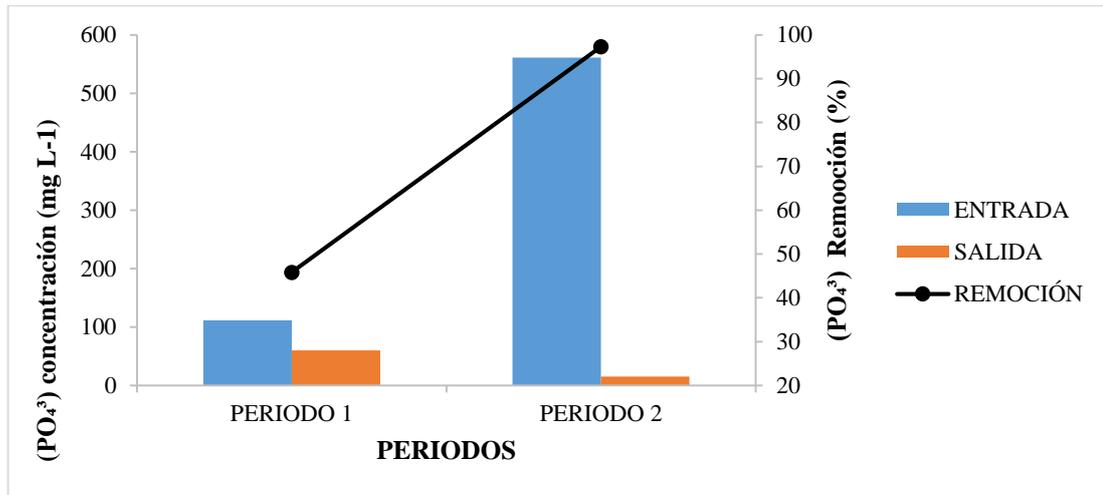
**Gráfica 1.** Remoción de DBO<sub>5</sub> por el SIFAP



Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

En el sistema IFA con pasto guinea (*Panicum maximum*) no hubo remoción de DBO<sub>5</sub> en ninguno de los periodos, por el contrario, se observó un aumento.

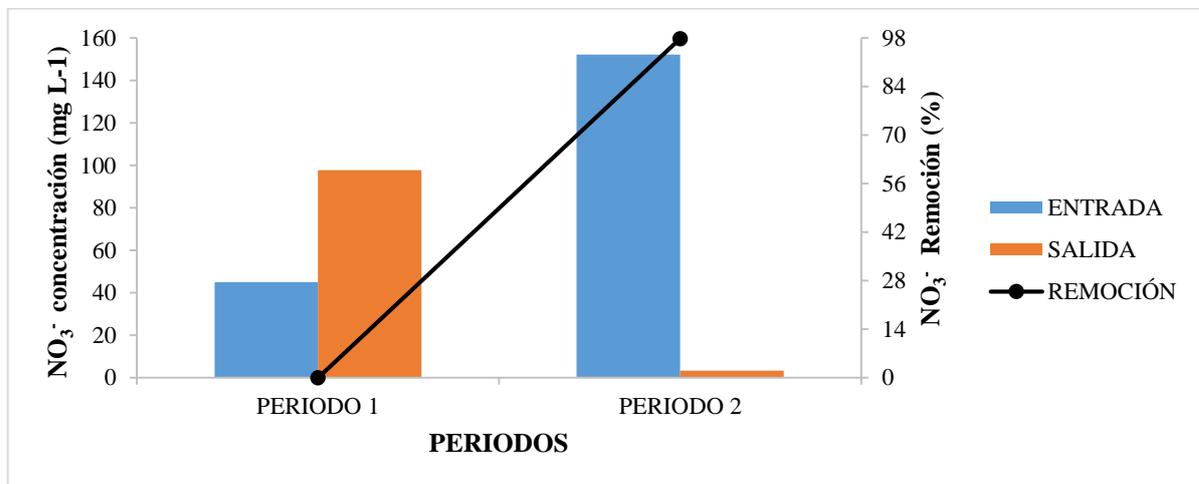
**Gráfica 2.** Remoción de  $\text{PO}_4^{3-}$  por el SIFAP



Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

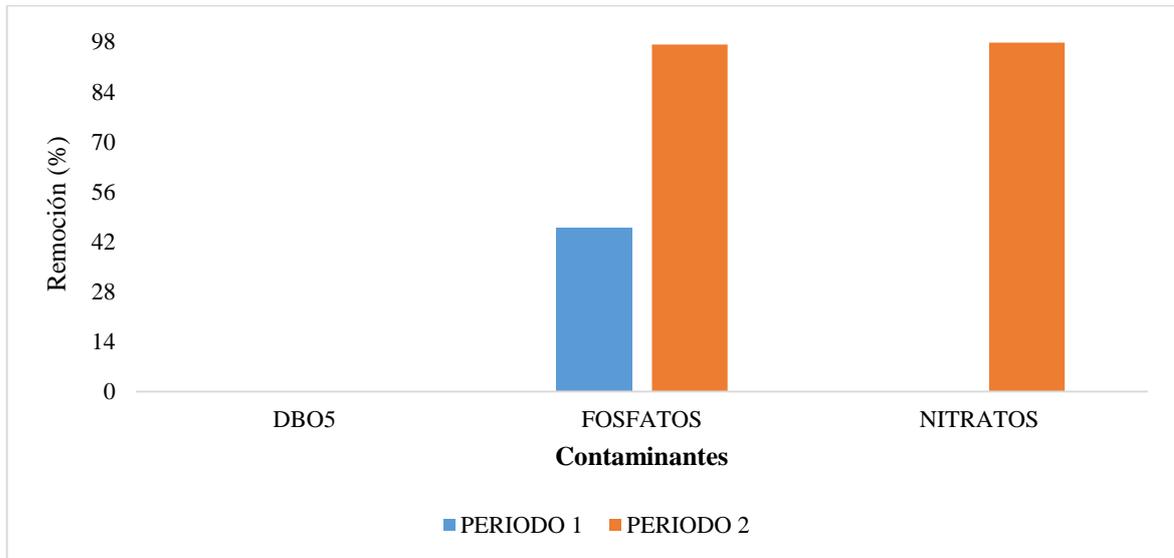
El sistema IFA con pasto guinea (*Panicum maximum*) removió  $\text{PO}_4^{3-}$  un 46% en el primer periodo y un 97% en el segundo periodo.

**Gráfica 3.** Remoción de  $\text{NO}_3^-$  por el SIFAP



Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

En el sistema IFA con pasto guinea (*Panicum maximum*) no hubo remoción de  $\text{NO}_3^-$  en el primer periodo no obstante en el segundo periodo hubo remoción del 98%.

**Gráfica 4.** Remoción de contaminantes – SIFAP

Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

El sistema IFA con pasto guinea (*Panicum maximum*) removió eficientemente fosfatos y nitratos con porcentajes (97% y 98% respectivamente). En el caso de DBO<sub>5</sub> no hubo remoción.

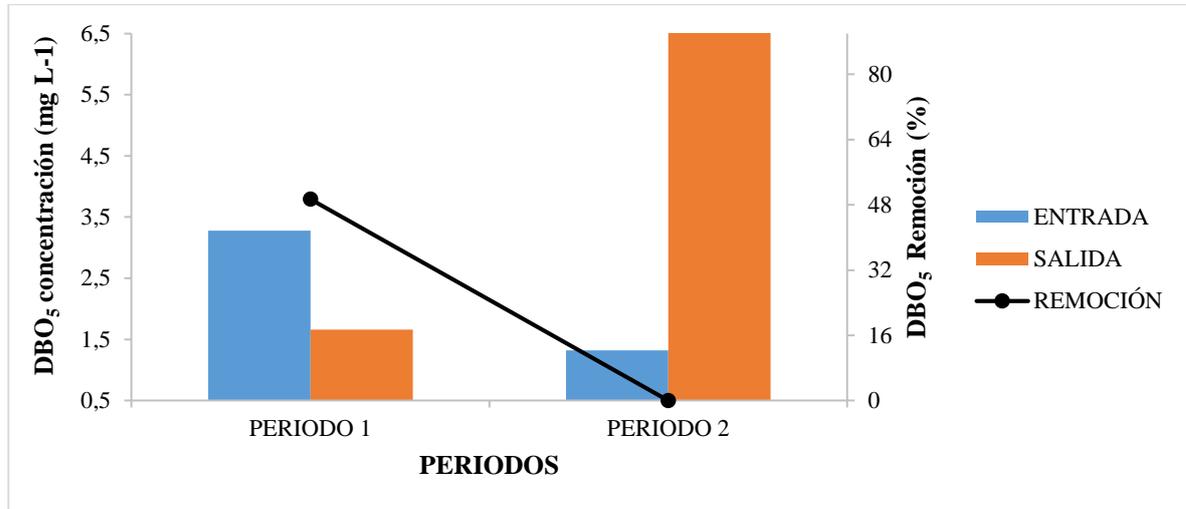
#### SIFAV (Sistema de isla flotante artificial con vetiver)

**Tabla 19.** Porcentajes de remoción con el SIFAV

CONTAMINANTES	ENTRADA		SALIDA		REMOCIÓN
	PERIODO	CONCENTRACIONES	PERIODO	CONCENTRACIONES	
		mg/l		mg/l	
DBO <sub>5</sub>	1	3.28	20	1.66	49
	2	1.32	20	6.6	0
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1	266.25	20	200.6	25
	2	632	20	25	96
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1	6.1	20	309.75	0
	2	563.5	20	146.4	74

Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

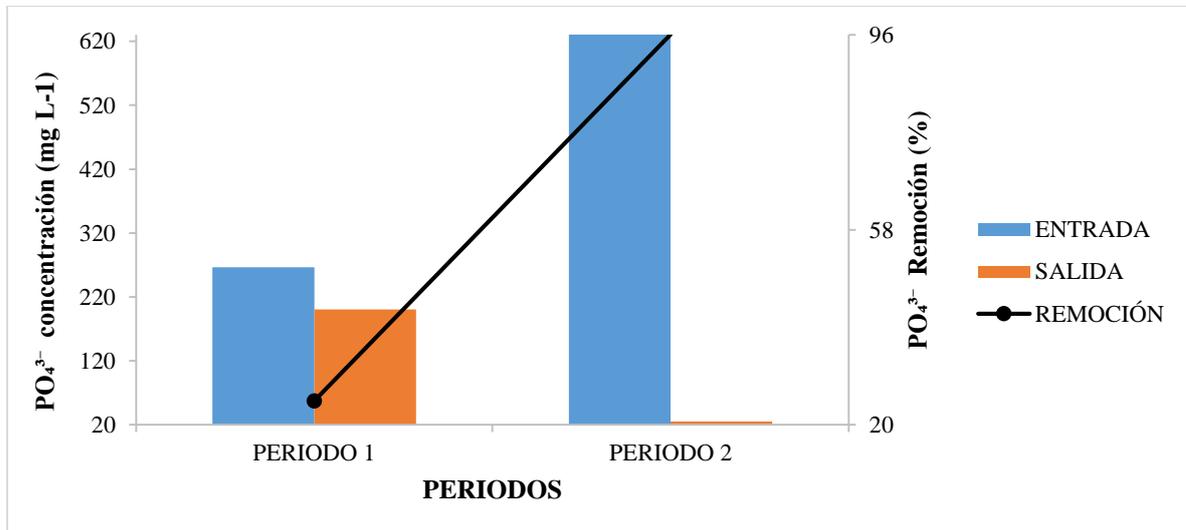
**Gráfica 5.** Remoción de DBO<sub>5</sub> con el SIFAV



Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019).

El sistema IFA con vetiver (*Vetiveria zizanoide*), removió en el primer periodo un 50% de DBO<sub>5</sub>, no obstante, en el segundo periodo no hubo remoción.

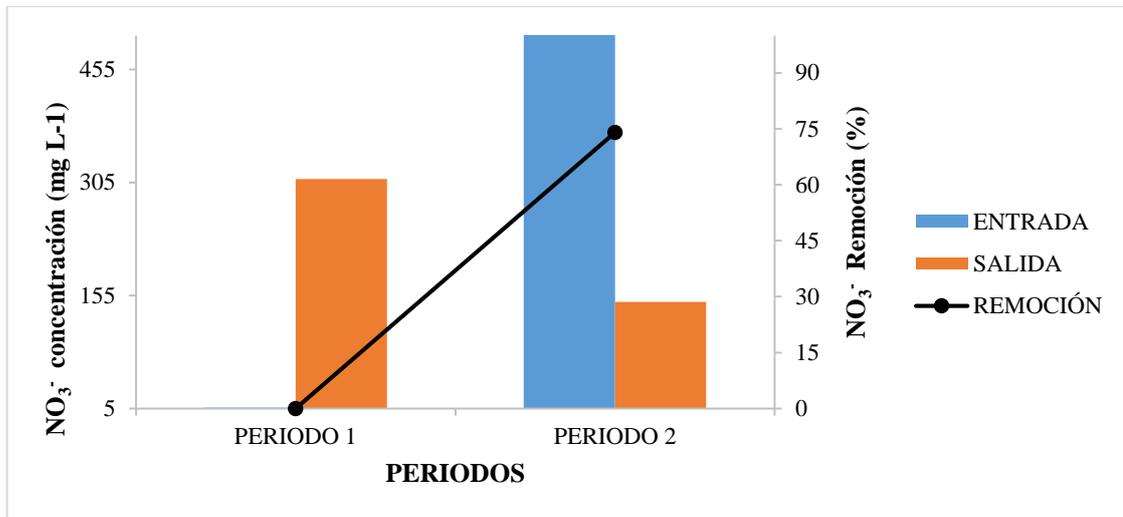
**Gráfica 6.** Remoción de PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> con el SIFAV



Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019).

El sistema IFA con vetiver (*Vetiveria Zizanoide*) removió en el primer periodo un 25% de PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> sin embargo, en el segundo periodo removió un 96 %.

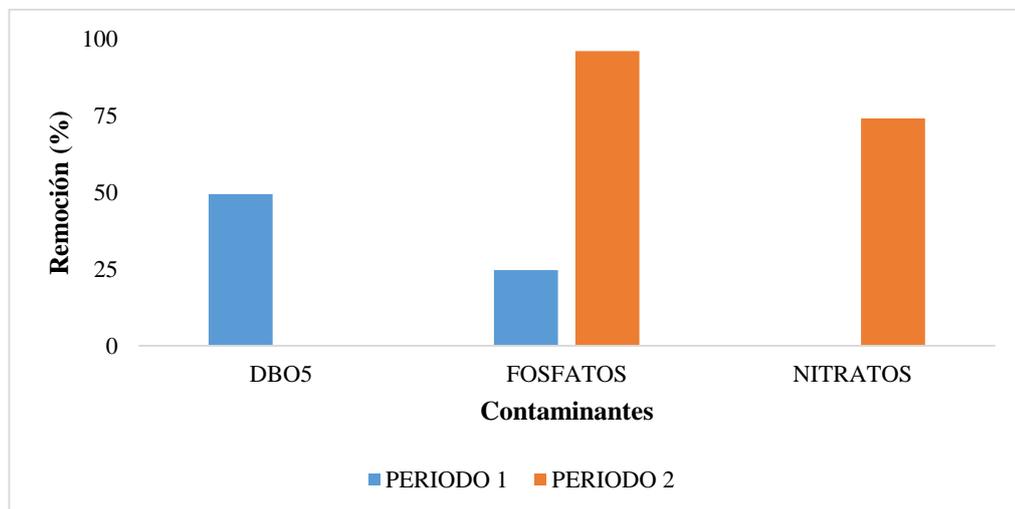
**Gráfica 7.** Remoción de  $\text{NO}_3^-$  con el SIFAV



Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

En el sistema IFA con la especie vetiver (*Vetiveria zizanoide*) no removió en el primer periodo, sin embargo, hubo remoción del 75% en el segundo periodo.

**Gráfica 8.** Remoción de contaminantes – SIFAV



Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

El sistema IFA con vetiver (*Vetiveria zizanoide*) es eficiente para remover fosfatos, nitratos y DBO<sub>5</sub> con porcentajes (96%, 75% y 50 % respectivamente).

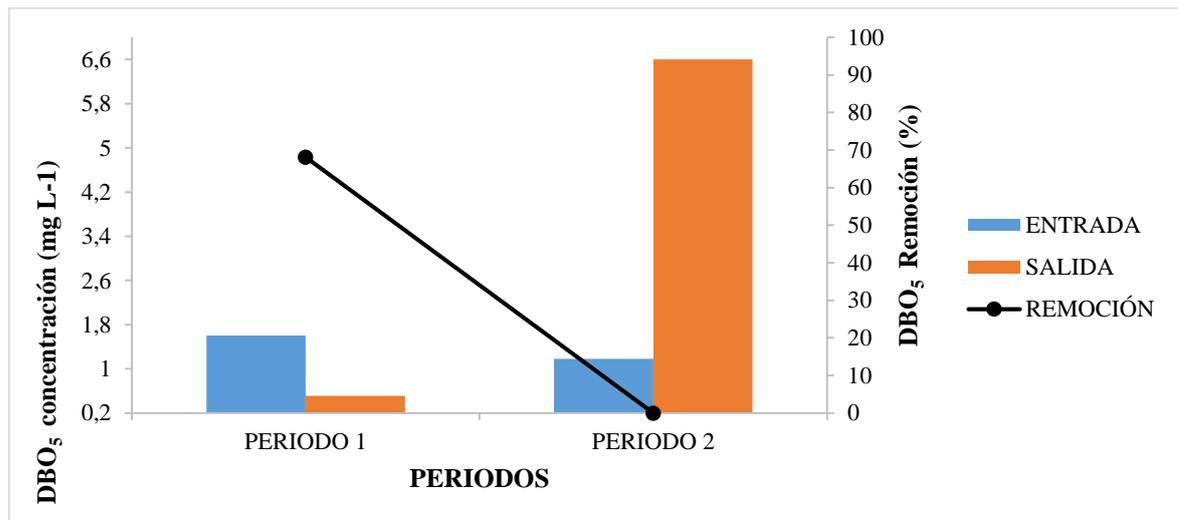
**SIFAA (Sistema de Isla Flotantes Artificial con achira)**

**Tabla 20.** Porcentajes de remoción con el SIFAA

CONTAMINANTES	ENTRADA		SALIDA		REMOCIÓN
	PERIODO	CONCENTRACIONES	PERIODO	CONCENTRACIONES	
		mg/l		mg/l	%
<b>DBO<sub>5</sub></b>	1	1.6	20	0.51	68
	2	1.18	20	6.6	0
<b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></b>	1	134	20	136.38	0
	2	807.5	20	12.4	98
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	1	54.25	20	52.55	3
	2	90.92	20	5.16	94

Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

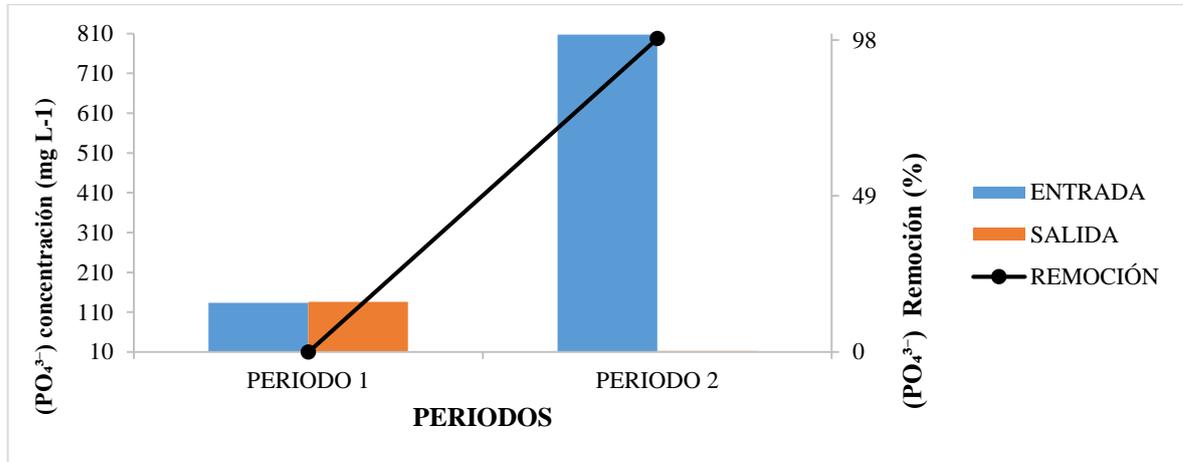
**Gráfica 9.** Remoción de DBO<sub>5</sub> con el SIFAA



Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

En el sistema IFA con achira (*Canna indica*), hubo remoción en el primer periodo del 68 %, sin embargo, en el segundo periodo no hubo remoción de DBO<sub>5</sub>.

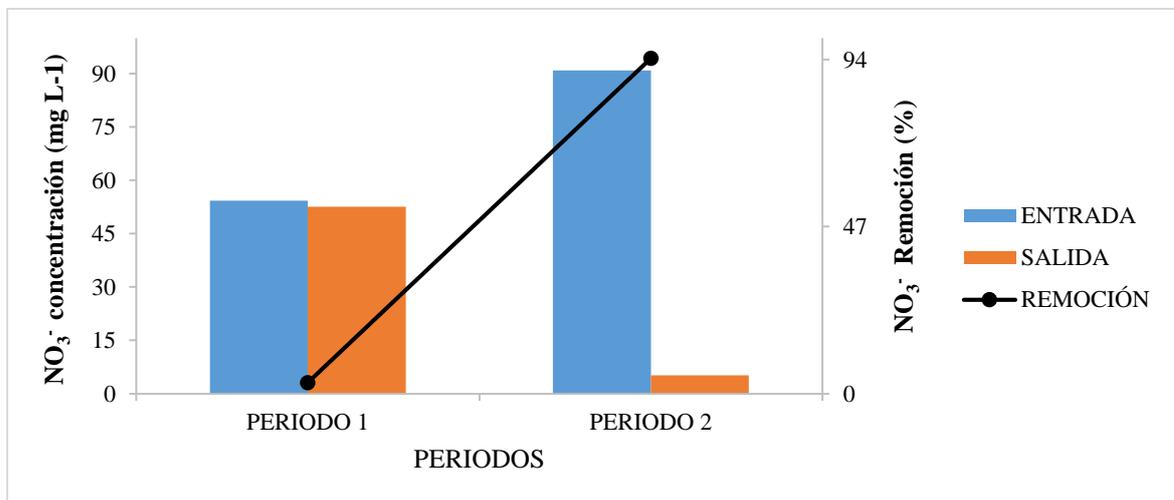
**Gráfica 10.** Remoción de  $\text{PO}_4^{3-}$  con el SIFAA



Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

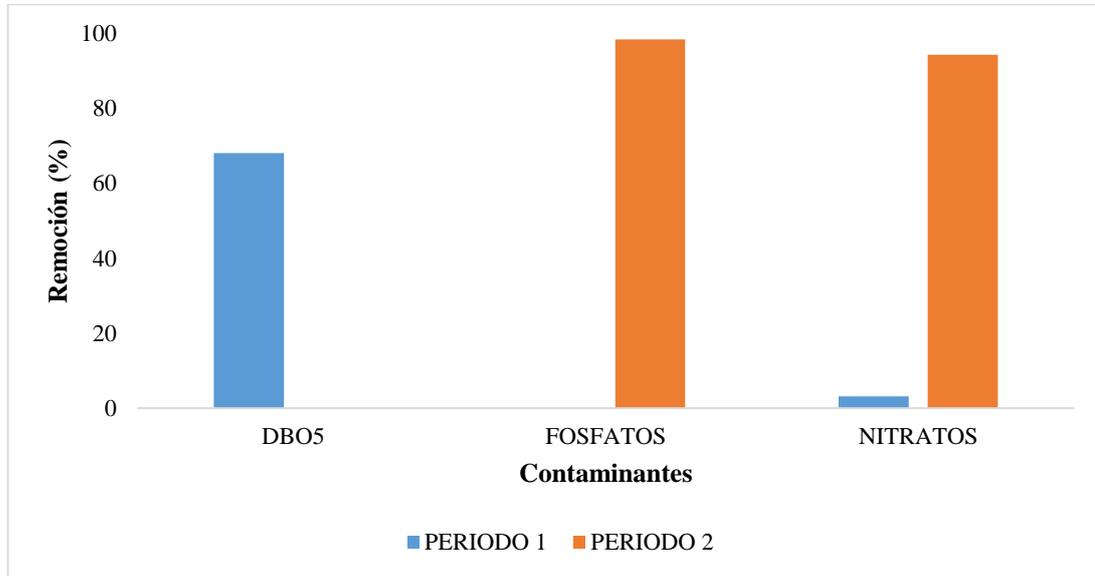
El sistema IFA con achira (*Canna Indica*) en el primer periodo no hubo remoción de  $\text{PO}_4^{3-}$ , sin embargo, en el segundo periodo removió 98%.

**Gráfica 11.** Remoción de  $\text{NO}_3^-$  con el SIFAA



Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

El sistema IFA con achira (*Canna indica*) en el primer periodo hubo remoción de  $\text{NO}_3^-$  del 3 %, sin embargo, en el segundo periodo removió 94%.

**Gráfica 12.** Remoción de contaminantes - SIFAA.

Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

El sistema IFA con achira (*C. indica*), es eficiente para remover fosfatos, nitratos y DBO<sub>5</sub> con porcentajes (98%, 94% y 50% respectivamente).

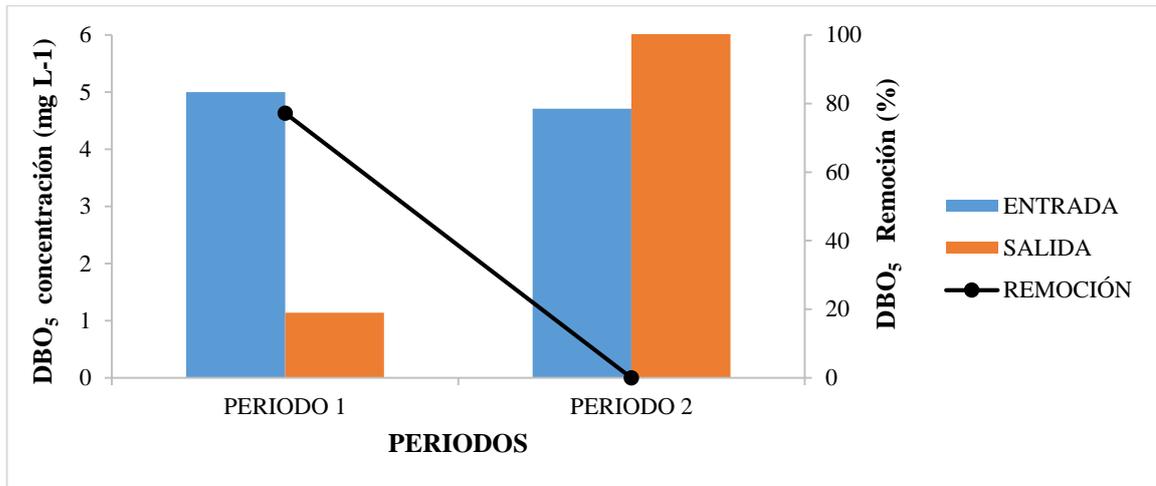
### SIFAM (Sistema de Isla Artificial con mix entre achira-pasto guinea)

**Tabla 21.** Porcentajes de remoción con el SIFAM (achira-pasto guinea)

CONTAMINANTES	ENTRADA		SALIDA		REMOCIÓN
	PERIODO	CONCENTRACIONES	PERIODO	CONCENTRACIONES	
		mg/l		mg/l	
DBO <sub>5</sub>	1	5	20	1.14	77
	2	4.71	20	6.6	0
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1	88.2	20	63.64	28
	2	560	20	4.5	99
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1	19.77	20	112.2	0
	2	237	20	8.43	96

Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

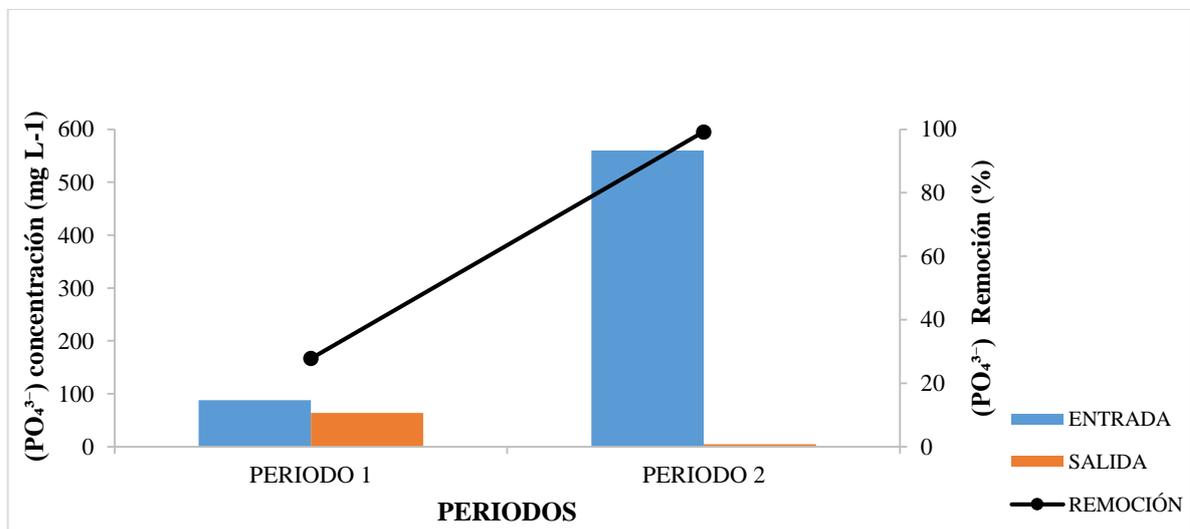
**Gráfica 13.** Remoción de DBO<sub>5</sub> con el SIFAM



Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

En el sistema IFA con mix (achira – pasto guinea), hubo remoción de DBO<sub>5</sub> en el primer periodo del 77%, sin embargo, en el segundo periodo no hubo remoción.

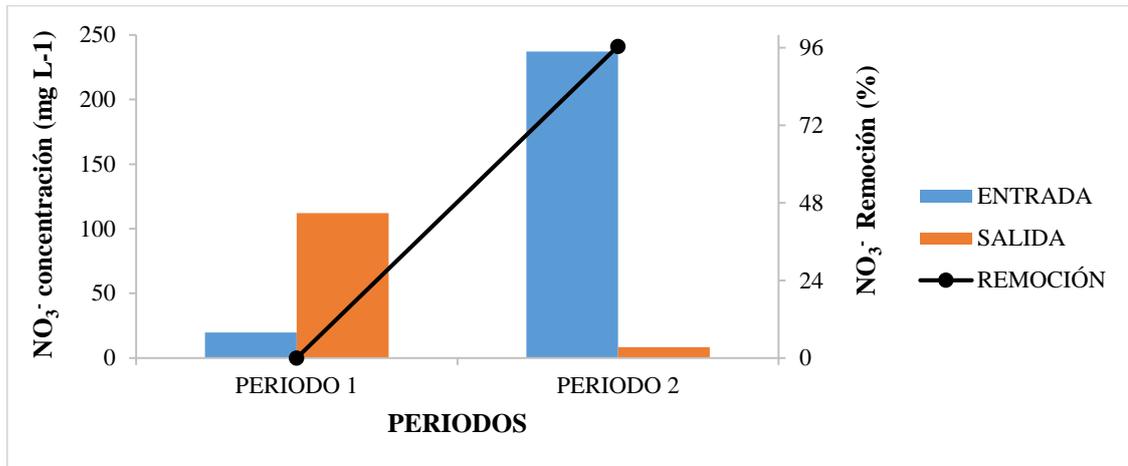
**Gráfica 14.** Remoción de PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> con el SIFAM



Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

En el sistema IFA con mix (achira – pasto guinea) hubo remoción de PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> del 28%, sin embargo, en el segundo periodo removió 99%.

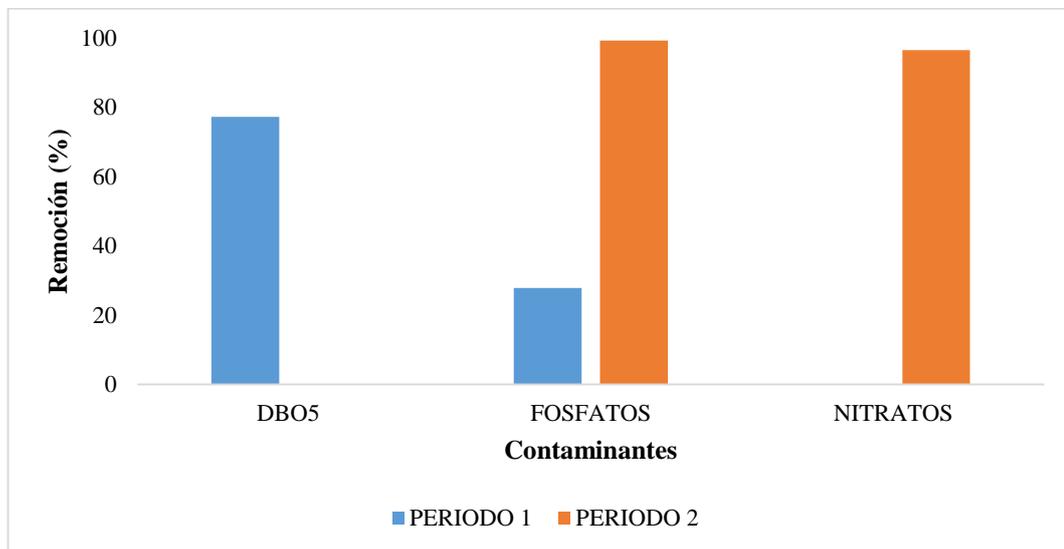
**Gráfica 15.** Remoción de  $\text{NO}_3^-$  con el SIFAM



Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

El sistema con el mix (achira – pasto guinea) en el primer periodo no hubo remoción de  $\text{NO}_3^-$ , no obstante, en el segundo periodo removió 96%.

**Gráfica 16.** Remoción de contaminantes - SIFAM



Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

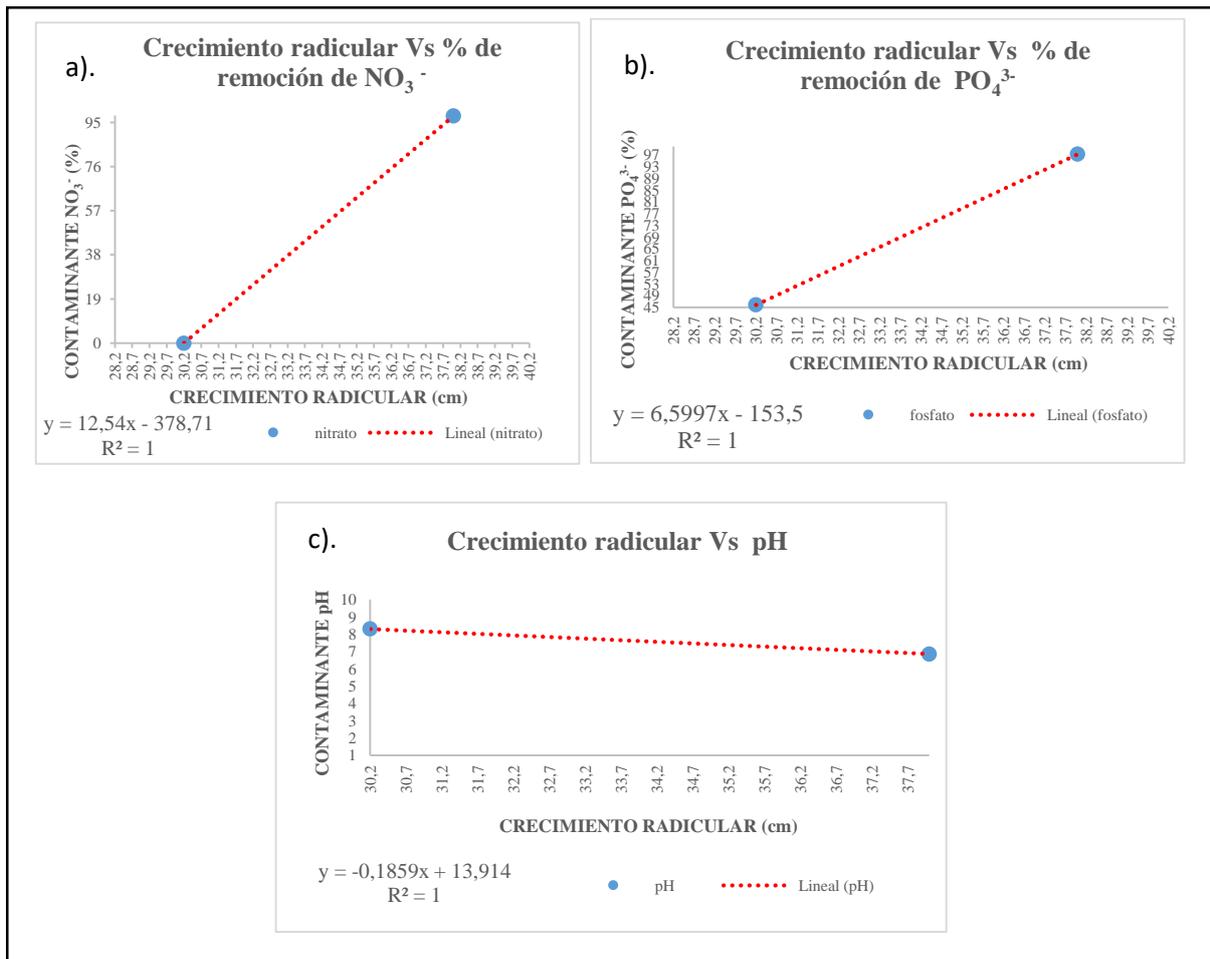
El sistema IFA con mix (achira – pasto guinea) es eficiente para remover fosfatos, nitratos y DBO<sub>5</sub> (99%, 96% y 77% respectivamente).

## 11.5. CORRELACIONES SISTEMA DE ISLAS FLORATANTES ARTIFICIALES POR ESPECIES

### 11.5.1. CORRELACIONES DEL SIFAP

#### 11.5.1.1. CRECIMIENTO RADICULAR Vs REMOCIÓN DE CONTAMINANTES

**Grafica 17.** Correlación crecimiento radicular Vs % remoción de contaminantes SIFAP

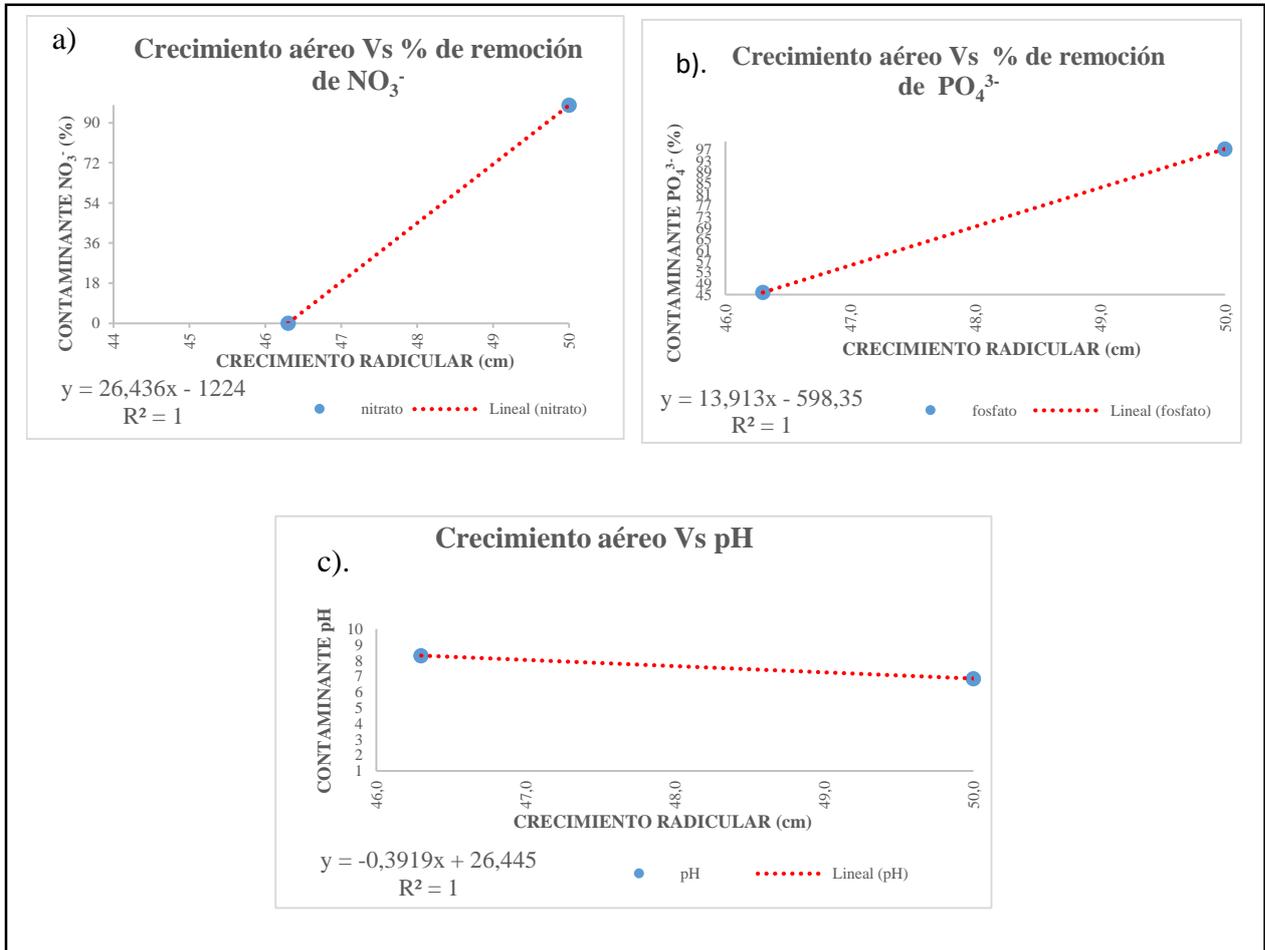


Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

En la gráfica, se puede observar que a mayor crecimiento radicular mayor remoción de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{PO}_4^{3-}$  (figura 17a y 17b). Por otro lado, se determinó que a mayor crecimiento radicular el pH disminuye, mientras que a menor crecimiento radicular el pH aumenta (figura 17c).

### 11.5.1.2. CRECIMIENTO AÉREO Vs REMOCIÓN DE CONTAMINANTES

**Grafica 18.** Correlación crecimiento aéreo Vs % remoción de contaminantes SIFAP



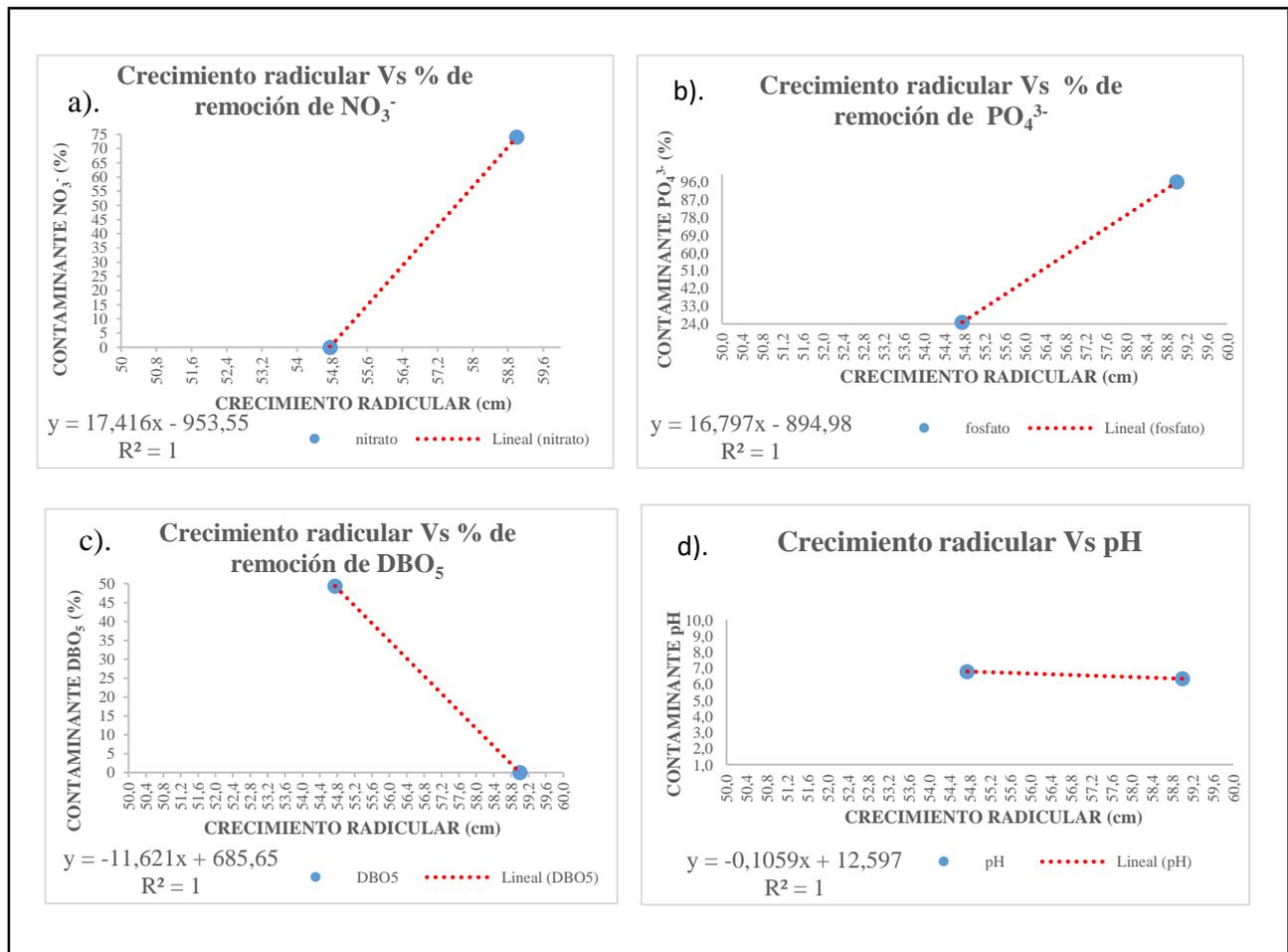
Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

En la gráfica, se puede observar que a mayor crecimiento aéreo mayor remoción de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{PO}_4^{3-}$  (figura 18a y 18b). Por otro lado, se determinó que a mayor crecimiento aéreo el pH disminuye, mientras que a menor crecimiento aéreo el pH aumenta (figura 18c).

## 11.5.2. CORRELACIONES DEL SIFAV

### 11.5.2.1. CRECIMIENTO RADICULAR Vs REMOCIÓN DE CONTAMINANTES

**Grafica 19.** Correlación crecimiento radicular Vs % remoción de contaminantes SIFAV

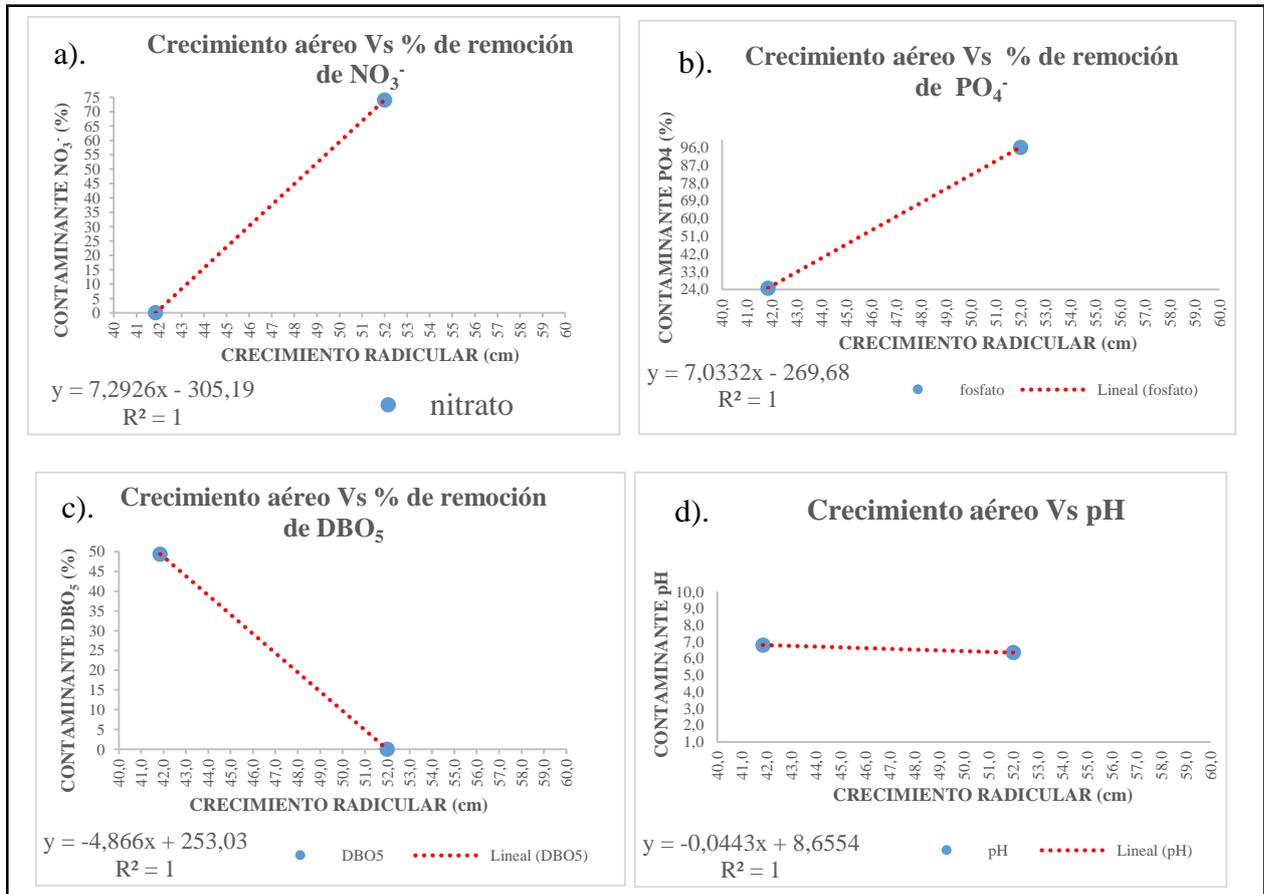


Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

En la gráfica, se puede observar que a mayor crecimiento radicular mayor remoción de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{PO}_4^{3-}$  (figura 19a y 19b). En el caso de  $\text{DBO}_5$  disminuye (figura 19c). Por otro lado, se determinó que a mayor crecimiento radicular el pH disminuye ligeramente (figura 19d).

### 11.5.2.2. CRECIMIENTO AÉREO Vs REMOCIÓN DE CONTAMINANTES

**Grafica 20.** Correlación crecimiento aéreo Vs % remoción de contaminantes SIFAV



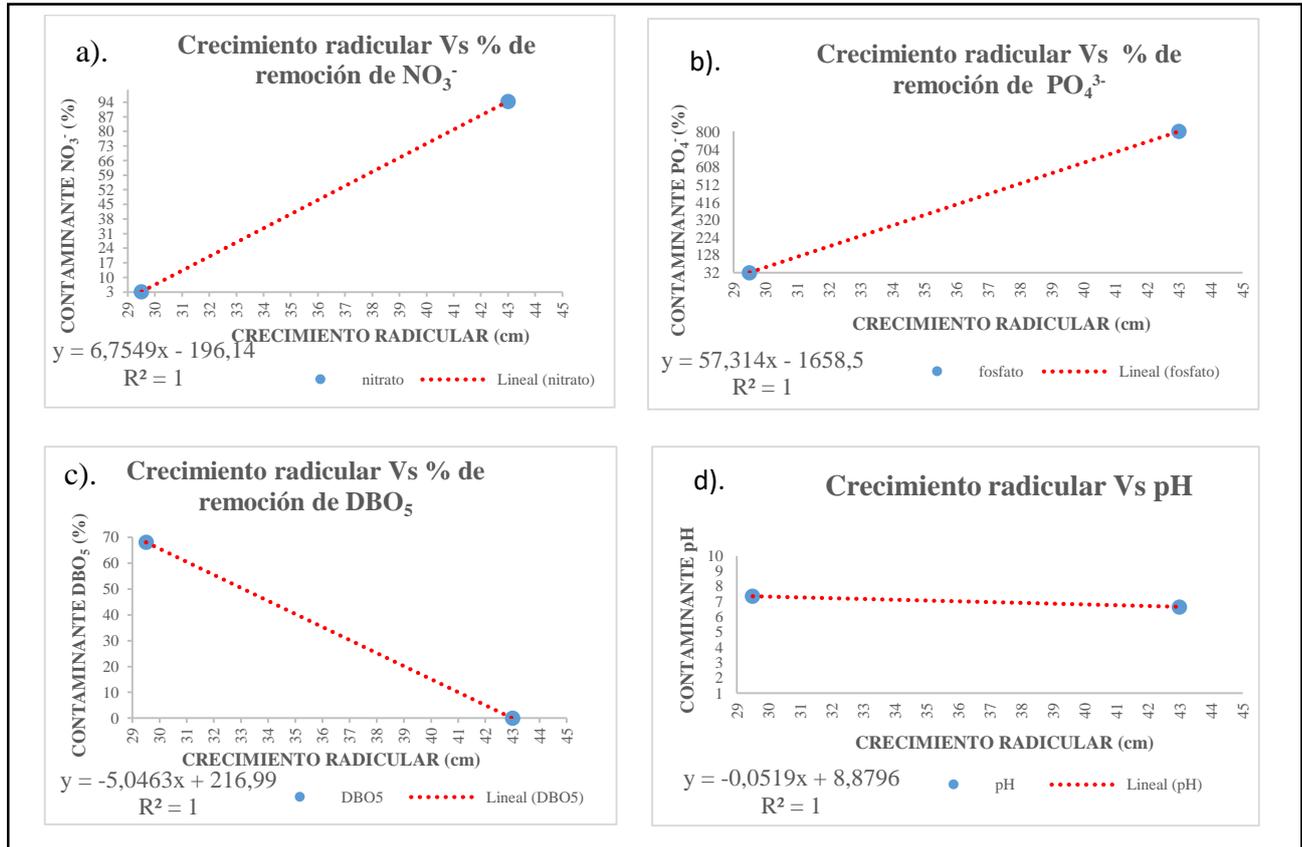
Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

En la gráfica, se puede observar que a mayor crecimiento aéreo mayor remoción de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (figura 20a y 20b). En el caso de DBO<sub>5</sub> disminuye (figura 20c). Por otro lado, se determinó que a mayor crecimiento aéreo el pH disminuye ligeramente (figura 20d).

### 11.5.3. CORRELACIONES DEL SIFAA

#### 11.5.3.1. CRECIMIENTO RADICULAR Vs REMOCIÓN DE CONTAMINANTES

**Gráfica 21.** Correlación crecimiento radicular Vs % remoción de contaminantes SIFAA

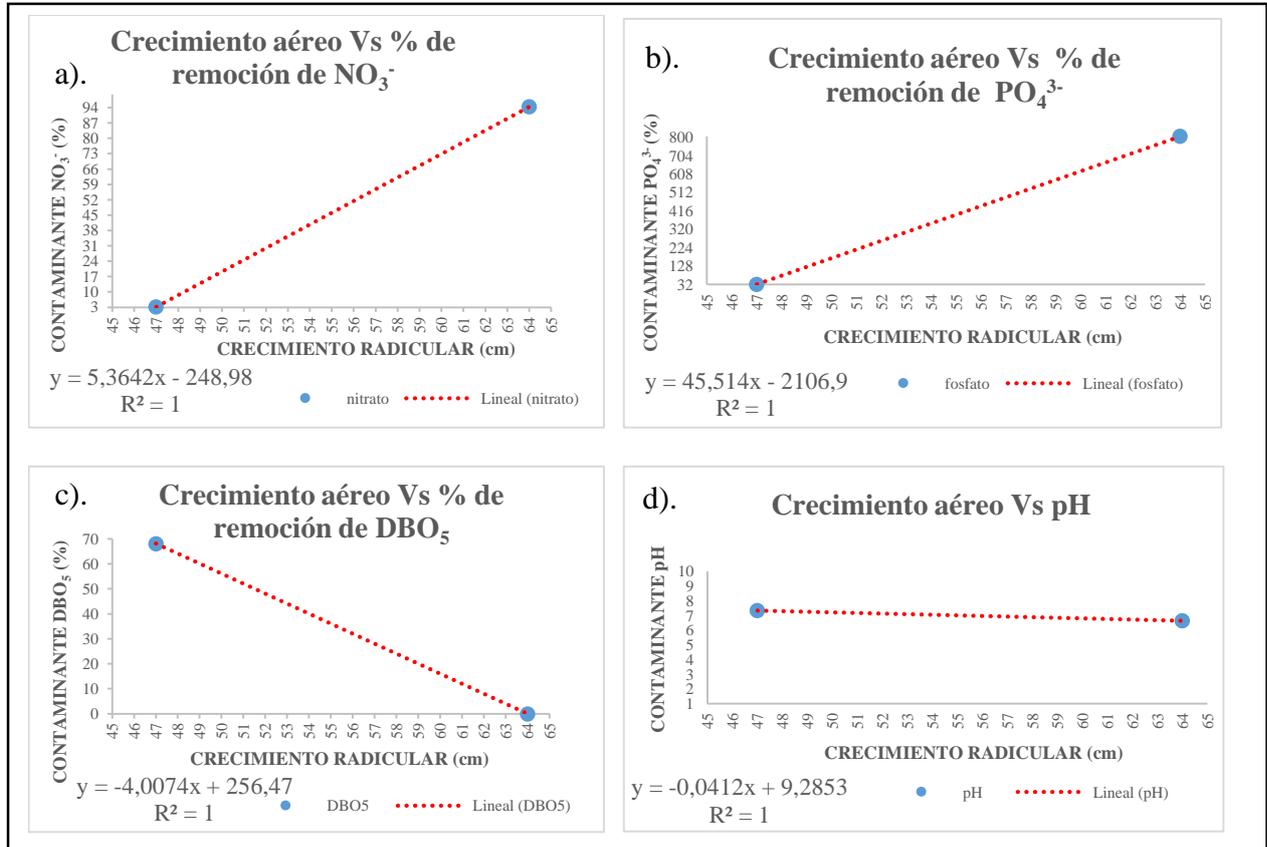


Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

En la gráfica, se puede observar que a mayor crecimiento radicular mayor remoción de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{PO}_4^{3-}$  (figura 21a y 21b). En el caso de  $\text{DBO}_5$  disminuye (figura 21c). Por otro lado, se determinó que a mayor crecimiento radicular el pH disminuye ligeramente (figura 21d).

### 11.5.3.2. CRECIMIENTO AÉREO Vs REMOCIÓN DE CONTAMINANTES

**Grafica 22.** Correlación crecimiento aéreo Vs % remoción de contaminantes SIFAA



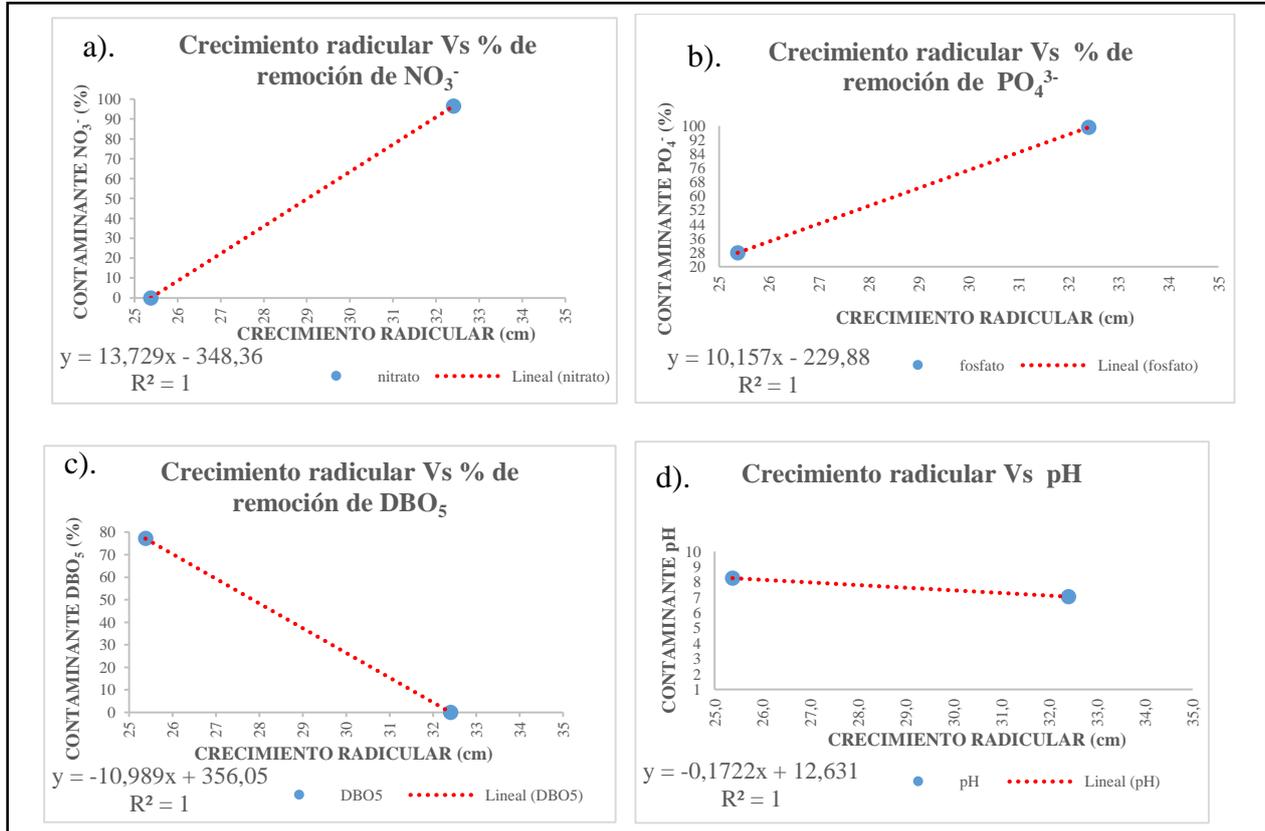
Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

En la gráfica, se puede observar que a mayor crecimiento aéreo mayor remoción de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{PO}_4^{3-}$  (figura 22a y 22b). En el caso de  $\text{DBO}_5$  disminuye (figura 22c). Por otro lado, se determinó que a mayor crecimiento aéreo el pH disminuye ligeramente (figura 22d).

## 11.5.4. CORRELACIONES DEL SIFAM

### 11.5.4.1. CRECIMIENTO RADICULAR Vs REMOCIÓN DE CONTAMINANTES

**Gráfica 23.** Correlación crecimiento radicular Vs % remoción de contaminantes SIFAM

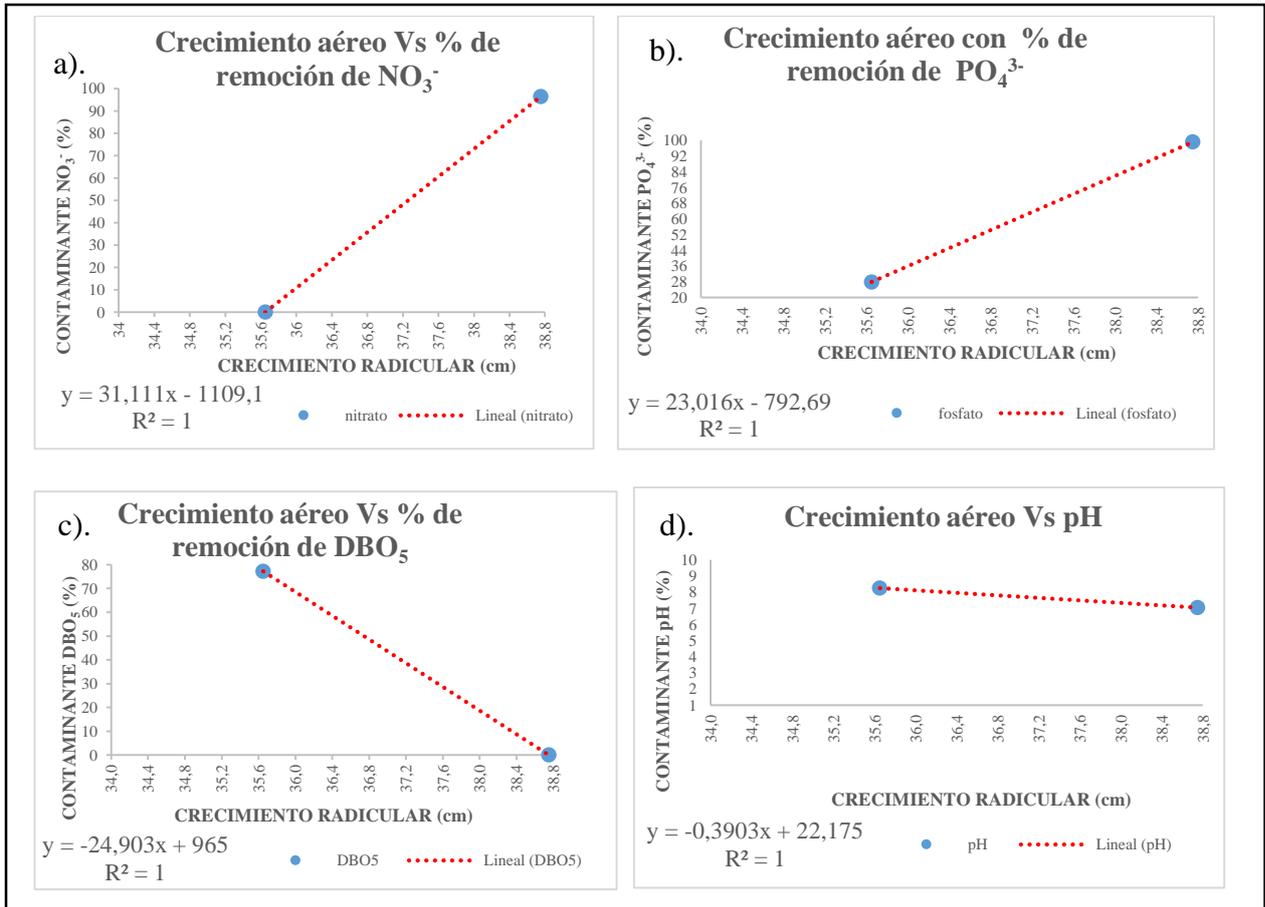


Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

En la gráfica, se puede observar que a mayor crecimiento radicular mayor remoción de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{PO}_4^{3-}$  (figura 23a y 23b). En el caso de  $\text{DBO}_5$  disminuye (figura 23c). Por otro lado, se determinó que a mayor crecimiento radicular el pH disminuye ligeramente (figura 23d).

### 11.5.4.2. CRECIMIENTO AÉREO Vs REMOCIÓN DE CONTAMINANTES

**Grafica 24.** Correlación crecimiento aéreo Vs % remoción de contaminantes SIFAM



Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

En la gráfica, se puede observar que a mayor crecimiento aéreo mayor remoción de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{PO}_4^{3-}$  (figura 24a y 24b). En el caso de  $\text{DBO}_5$  disminuye (figura 24c). Por otro lado, se determinó que a mayor crecimiento aéreo el pH disminuye ligeramente (figura 24d).

## 11.6. REGRESIÓN LINEAL RStudio (RL)

El modelo de regresión lineal utilizando el programa RStudio, permitió realizar el análisis del tiempo y porcentaje de remoción de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y fosfato ( $\text{PO}_4^-$ ). En cada uno de los sistemas, se obtuvo las siguientes ecuaciones para cada especie.

### 11.6.1. MODELO DE REGRESIÓN LINEAL SIFA - PASTO GUINEA (*P. maximum*)

Ecuación 1:

$$R(\text{NO}_3^-) = 10,75(t) - 332$$

Ecuación 2:

$$R(\text{PO}_4^{3-}) = 2,55(t) - 5$$

Donde:

**R:** remoción de contaminantes (%)

**t:** tiempo (días)

Hay que considerar que el periodo de tiempo aplicado para estas ecuaciones, en el caso de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) se realizó desde los 31 días hasta los 120 días (etapa de desarrollo SIFAP) y para fosfatos ( $\text{PO}_4^-$ ) desde los 2 días hasta los 120 días (etapa de desarrollo SIFAP). Cabe destacar que después de este periodo de tiempo la planta inicia su etapa de floración (ver tabla 22).

**Tabla 22.** Tiempo en que inicia la remoción de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{PO}_4^{3-}$  SIFAP

TIEMPO (días)	REMOCIÓN NITRATO (%)	REMOCIÓN FOSFATO (%)
2	-----	0,1
31	1,25	.....
120	958	301

Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

### 11.6.2. MODELO DE REGRESIÓN LINEAL SIFA VETIVER (*V. zizanoide*)

Ecuación 1:

$$R(\text{NO}_3^-) = 252,6(t) - 10030$$

Ecuación 2:

$$R(\text{PO}_4^{3-}) = 3,55(t) - 46$$

Donde:

**R:** remoción de contaminantes (%)

**t:** tiempo (días)

Hay que considerar que el periodo de tiempo aplicado para estas ecuaciones, en el caso de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) se realizó desde los 40 días hasta los 90 días (etapa de desarrollo SIFAV) y para fosfatos ( $\text{PO}_4^-$ ) va desde los 13 días hasta los 90 días (etapa de desarrollo SIFAV). Cabe destacar que después de este periodo de tiempo la planta inicia su etapa de floración (ver tabla 23).

**Tabla 23.** Tiempo en que inicia la remoción de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{PO}_4^{3-}$  SIFAV

TIEMPO (días)	REMOCIÓN NITRATO (%)	REMOCIÓN FOSFATO (%)
13	-----	0,15
40	74	-----
90	12704	273,5

Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

### 11.6.3. MODELO DE REGRESIÓN LINEAL SIFA ACHIRA (*C. indica*)

Ecuación 1:

$$R(\text{NO}_3^-) = 4,55(t) - 88$$

Ecuación 2:

$$R(\text{PO}_4^{3-}) = 38,7(t) - 742$$

Donde:

**R:** remoción de contaminantes (%)

**t:** tiempo (días)

Hay que considerar que el periodo de tiempo aplicado para las ecuaciones de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) y fosfatos ( $\text{PO}_4^-$ ) va desde los 20 días hasta los 152 días (etapa de desarrollo SIFAA). Cabe destacar que después de este periodo de tiempo la planta inicia su etapa de floración (ver tabla 24).

**Tabla 24.** Tiempo en que inicia la remoción de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{PO}_4^{3-}$  SIFAA

<b>TIEMPO (días)</b>	<b>REMOCIÓN NITRATO (%)</b>	<b>REMOCIÓN FOSFATO (%)</b>
20	3	32
152	603,6	5140,4

Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

#### **11.6.4. MODELO DE REGRESIÓN LINEAL SIFA Mix (*C. indica* – *P. maximum*)**

Ecuación 1:

$$R(\text{NO}_3^-) = 28(t) - 1031$$

Ecuación 2:

$$R(\text{PO}_4^{3-}) = 3,56(t) - 43,40$$

Donde:

**R:** remoción del contaminante

**t:** tiempo (días)

Hay que considerar que el periodo de tiempo aplicado para estas ecuaciones, en el caso de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) se realizó desde los 37 días hasta los 120 días (etapa de desarrollo SIFAV) y para fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) va desde los 13 días hasta los 120 días (etapa de desarrollo SIFAV). Cabe destacar que después de este periodo de tiempo la planta inicia su etapa de floración (ver tabla 25).

**Tabla 25.** Tiempo en que inicia la remoción de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{PO}_4^{3-}$  SIFAM

<b>TIEMPO (días)</b>	<b>REMOCIÓN NITRATO (%)</b>	<b>REMOCIÓN FOSFATO (%)</b>
13	-----	2,88
37	5	-----
120	2329	383,8

Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

## 11.7. DISCUSIÓN

Durante la evaluación de la remoción de  $\text{DBO}_5$  del sistema IFA se observó el siguiente orden decreciente; SIFAM (Sistema de Isla Flotante Artificial Mix)> SIFAA (Sistema de Isla Flotante Artificial Achira)> SIFAV (Sistema de isla flotante Vetiver). Sin embargo, en algunos casos se observó un aumento de la demanda bioquímica de oxígeno. Según Ramamlho (2009) la Demanda Bioquímica de Oxígeno determina la presencia de materia orgánica en las aguas residuales, en este sentido, debido a que en el segundo periodo se duplico la carga de nutrientes (nitratos y fosfatos) al cuerpo hídrico, se favoreció el crecimiento de algas y por consiguiente aumento la Demanda Bioquímica de Oxígeno; la presencia de algas en aguas residuales afecta el ensayo de DBO, ya que después de un periodo en la oscuridad las algas mueren y las células contribuyen a incrementar el contenido de materia orgánica registrándose valores elevados de

DBO. Ahora bien, el P es vital para los ecosistemas, pero grandes cantidades del mismo pueden llevar a la eutrofización de cuerpos de agua, misma que es causada por exceso de nitrógeno (N) y fósforo (P), trayendo como consecuencia el incremento de las algas, disminución del oxígeno disuelto en los mismos y aumento de DBO<sub>5</sub>.

Ahora en cuanto a la capacidad de remoción de Fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) se observó el siguiente orden decreciente: SIFAM > SIFAA > SIFAP > SIFAV. Según Reddy (2008) la acumulación de fósforo en los humedales está regulada por la vegetación, el perifiton y el plancton, la acumulación de detritos, velocidad y profundidad del flujo de agua, el tiempo de retención hidráulica, la relación longitud / ancho del humedal, la carga de fósforo y la hidrología; igualmente es necesario considerar el almacenamiento a corto y mediano plazo por la asimilación de la vegetación y el perifiton e incorporación al tejido detrítico. En los humedales el agua se mueve lentamente debido al flujo laminar propio de estos sistemas, y la resistencia proporcionada por las raíces y la vegetación, mismas que sirven como trampas de sedimento, además de ser la ruta principal para la eliminación de fósforo (Pavlineri, Skoulikidis, & Tsihrintzis, 2017). Cabe destacar que algunos de los contaminantes son nutrientes para las plantas, como los iones de nitrato, amonio y fosfato, los cuales son absorbidos por la vegetación. Igualmente, las bacterias serán capaces de eliminar el fósforo de las aguas residuales (AR) debido a que se caracterizan por almacenar altas concentraciones de fósforo en forma de gránulos de polifosfatos (poli-P) (Sedlack, 1991).

La eliminación de fósforo por medio de humedales artificiales se realiza de forma biológica y fisicoquímica. Si bien la interacción planta-nutriente del humedal es importante en el proceso de purificación del cuerpo de agua eutrófico, la absorción de nutrientes por plantas y microbios dentro de los humedales es un proceso complejo, que incluye una serie de reacciones químicas y biológicas (Zhao, Li, & Chen, 2018). Los métodos biológicos se dan a través de la asimilación del fósforo en los tejidos de la vegetación y finaliza por medio de la cosecha; mientras que en los métodos fisicoquímicos se lleva a cabo el proceso de precipitación y adsorción, el potencial de oxidación-reducción y el medio de soporte son los más importantes (Andrés, Araya, Vera, Pozo, & Vidal, 2018). En este sentido, la selección del sustrato es fundamental, para favorecer el desarrollo de la biopelícula en el interior (ver figura 3). En este caso se utilizó como sustrato, fibra de coco y la piedra pumina, con la cual se logró una mayor remoción de fosfatos.

En lo que respecta a la remoción de nitratos se observó el siguiente orden decreciente: SIFAP > SIFAM > SIFAA > SIFAV. Sin embargo, en algunos casos se observó (ver tabla 17) que las

cantidades de nitratos aumentaron. La presencia de nitrógeno y fosforo en las aguas residuales da lugar a condiciones favorables para el desarrollo de algas, estimulando la eutrofización y el estrés del ecosistema.

El aumento de la cantidad de nitratos provenientes de la mineralización de la materia orgánica; da lugar al proceso de nitrificación.

Según Ramamlho (2009) el proceso de nitrificación consiste en la conversión del amoniaco a nitrato mediante la acción microbiana específicamente por las bacterias de género Nitrosomonas que se encargan de la oxidación del amoniaco a nitrito, posteriormente esto es oxidado a nitrato por bacterias de género Nitrobacter (ver sección 8.7.4)

Otro factor que favorece el proceso de nitrificación es la presencia de urea en el sistema ya que esta al descomponerse forma amoniaco y dióxido de carbono (ver sección 8.7.4)

En cuanto al modelo de regresión lineal, el rango en el que los sistemas IFA estudiados inician la remoción de los contaminantes. Se pudo observar que la remoción de nitratos en el SIFAP inicia a partir de los 31 días con 1,25 % R y un 0,1 % R de fosfatos que comienza a los 2 días. Acerca del SIFAV inicia a partir de los 40 días con un 74 % R de nitratos y un 0,15 % de fosfatos a los 13 días. Con relación al SIFAA inicia a partir de los 20 días con un 32% para nitratos y fosfatos. Referente al SIFAM inicia a partir de 37 días con 5 % R de nitratos y un 2,88 % de fosfatos a los 13 días. Todos estos periodos son en la etapa de desarrollo hasta llegar a la etapa de floración o inflorescencia de las plantas.

## **12. IMPACTO (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)**

### **12.1.TÉCNICOS**

- El sistema de islas flotantes se prevee como una eco tecnología que facilita el desarrollo de alternativas fitoremediadoras accesibles en comparación con otros métodos convencionales para la descontaminación de cuerpos hídricos.

### **12.2.SOCIALES**

- Las macrofitas adaptadas al sistema IFA crean una visión paisajista agradable a percepción humana.
- El sistema IFA al ser un tratamiento convencional de bajo costo, se podría implementar en vertientes contaminadas y así utilizarlas como agua de riego, mejorando la calidad de la producción agrícola de la población.

### **12.3.AMBIENTALES**

- El desarrollo de microorganismo que crecen en el sistema radicular de las especies vegetativas al momento de vivir en simbiosis permite la purificación del agua en mayor proporción.
- La remediación de aguas contaminadas con especies vegetales, demuestran que las plantas no necesitan de suelos para poder desarrollarse y depurar los contaminantes.
- El sistema IFA se le puede utilizar para tratar extensas áreas contaminadas.

### **12.4.ECONÓMICOS**

- A diferencia de plantas de tratamiento de agua residual, el sistema IFA es accesible y de menor costo para su instalación.
- No requiere de instalaciones sofisticadas para su implementación.

### 13. PRESUPUESTO

**Tabla 26.** Presupuesto para la Elaboración del Proyecto

RECURSOS	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO (\$)	VALOR TOTAL (\$)
<b>RECURSO HUMANO</b>	2	Personal		
<b>MATERIALES E INSUMOS</b>	1 u	Resma de papel bon	3,00	3,00
	2 u	Esferos azules	0,50	1,00
	2 u	Lápices de minas	0,75	1,50
	1 u	Libreta de campo	0,75	0,75
<b>TECNOLOGÍA</b>	2 u	Computadora + Internet (450 horas)	10,00	20,00
	1 u	GPS (5 horas)	5,00	5,00
<b>MATERIALES E INSUMOS (CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA IFA)</b>	4 u	pasto guinea	1,00	4,00
	3u	vetiver	1,00	4,00
	8 u	Plantas de achira	0,50	4,00
	4 u	Islas Flotantes	3,00	12,00
	1 Lb	Humus	1,00	1,00
	4u	Timas de Polietileno	14,00	56,00
	2	Bomba de aire doble entrada S2000 Marca JAD.	7,00	14,00
	1	Invernadero	20,00	20,00
<b>NUTRIENTES, CONTAMINANTES</b>	2lb	Fosfato monoamonico	0,50	1,00
	1lb	Urea	0,20	0,20
	1 u	Enraizante ECONAURE 500g	5,00	5,00
<b>LABORATORIO</b>	4	Análisis de agua IFA (LABIOTEC)	120,00	480,00
<b>OTROS</b>	4	Transporte (carreras)	5,00	20,00
	.....	Alimentación	10,00	10,00
	.....	Mano de obra	10,00	10,00
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>672,45</b>
			<b>10%</b>	<b>67,25</b>
			<b>TOTAL</b>	<b>739,7</b>

Elaborado por: Sánchez, M & Tipán, J (2019)

## 14. CONCLUSIONES

- Al obtener los porcentajes de remoción se determinó que la mayor eficiencia en la remoción de  $\text{DBO}_5$  fue en los SIFAM y SIFAA con porcentajes del 77%, sin embargo, todos los sistemas fueron eficientes para remover nitratos y fosfatos. Respecto a la remoción de fosfato la eficiencia se coloca en el siguiente orden SIFAV, SIFAP, SIFAA y SIFAM, teniendo porcentajes de remoción del 97% al 99%; en el caso de nitratos su eficiencia fue en orden para SIFAV, SIFAA, SIFAM y SIFAP, con porcentajes de remoción del 94% al 98%.
- De acuerdo a la correlación entre crecimiento de las especies y remoción de contaminantes en el sistema IFA, se determinó que para SIFAV, SIFAA y SIFAM, mientras el sistema radicular y aéreo de las especies vegetales crece hay mayor remoción de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{PO}_4^{3-}$ , disminución de  $\text{DBO}_5$  y el pH se torna alcalino, mientras que a menor crecimiento radicular y foliar existe menor remoción de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{PO}_4^{3-}$ , aumento de  $\text{DBO}_5$  y el pH se torna ácido. En el caso del SIFAP, se determinó que mientras el sistema radicular y aéreo de la planta crece hay mayor remoción de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{PO}_4^{3-}$ , el pH se torna alcalino y no hay remoción de  $\text{DBO}_5$ , mientras que a menor crecimiento radicular y foliar existe menor remoción de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{PO}_4^{3-}$ , el pH se torna ácido y no hay remoción de  $\text{DBO}_5$ .
- Como resultado de la ejecución del modelo de regresión lineal aplicado en base al tiempo y remoción de contaminantes, se determinó los rangos en el que los cuatro sistemas IFA remueven nitratos y fosfatos, para ello se demostró que; el SIFAP remueve un 1,25 % de nitratos a los 31 días y un 0,1 % de fosfatos a los 2 días, SIFAV remueve un 74 % de nitratos a los 40 días y un 0,15 % de fosfatos a los 13 días, SIFAA remueve el 3 % de nitratos y el 32% de fosfatos en 20 días, SIFAM remueve 5 % de nitratos a los 37 días y 2, 88 % de fosfatos a los 13 días. Todos estos periodos son en la etapa de desarrollo hasta llegar a la etapa de floración o información de las plantas.

## 15. RECOMENDACIONES

- Para la modelación matemática de los procesos de absorción, además de aplicar del modelo de regresión lineal simple, se puede utilizar otros métodos como método de isothermas de absorción de Langmuir, isothermas de absorción Freundlich, isothermas de Dubinin-Radushkevich.
- Instalar bombas de aire con mayor potencia ya que el sistema de bombeo dispuesto en cada uno de los SIFA, no fue suficiente lo que provoco el crecimiento de algas y por lo tanto la mineralización de este aumento las cantidades de DBO.
- Considerar en el crecimiento de las macrofitas la aparición de brotes en las yemas ya que las existencias de estos brotes evidencian una falta de dureza en la estructura vegetal y como consecuencia una falta de desarrollo de la pared celular, estructura que rodea a la célula y que es la responsable de que una especie vegetal mantenga su apariencia a pesar que esta ya esté muerto.

## 16. REFERENCIAS

- Andrade., M. (2012). Development and optimization of biodegradable films based on achira flour.
- ARCOSA. (2014). Informe calidad de agua del rio Cutuchi ARCOSA-CZ03-CO-001. Riobamba: ARCOSA.
- Bravo, A., & Gutiérrez, E. (febrero de 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*. Obtenido de PDF.
- 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.”.
- Bolaños-Alfaro, J.D., Cordero-Castro, G., Segura-Araya, G., 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) 30, 13.
- Cueva Rojas, K., Erreis Peñarreta, R., 2008. Manejo integrado, producción orgánica y revalorización local de cultivos andinos tradicionales: experiencia de sensibilización en la Parroquia de Lloa, Distrito Metropolitano de Quito ; sistematización. Fondo Ambiental [u.a.], Quito.
- Delgado, C.D., Alberich, M.V.E., López-Vera, F., n.d. Conceptos básicos y estudios de caso en Iberoamérica 747.
- Delgadillo-López, A.E., González-Ramírez, C.A., Prieto-García, F., Villagómez-Ibarra, J.R., Acevedo-Sandoval, O., 2011. FITORREMEDIACIÓN: UNA ALTERNATIVA PARA ELIMINAR LA CONTAMINACIÓN 16.
- Fonseca, K., Gomez, M., & Edgar, E. (2018). *ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES: UNA ALTERNATIVA ECOTECNOLOGÍAS PARA LA RESTAURACIÓN Y REMEDIACIÓN DE AGUAS CONTAMINADAS*. Latacunga.
- Fonseca, K., Clairand, M., Espitia, E., 2017. ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES: UNA ALTERNATIVA ECOTECNOLÓGICA PARA LA RESTAURACIÓN Y REMEDIACIÓN DE AGUAS CONTAMINADAS 10.
- Flores, M.A., Sánchez, E., Balandrán, M.I., 2016. Efectividad de tratamientos pre-germinativos en la ruptura de la dormancia en las semillas forrajeras y de malezas

Efectiveness of treatments in pre-germ dormancy breakdown in feed and weed seeds  
6.

GOOGLE EARTH. (13 de enero de 2020). Obtenido de UNIVERSIDAD TECNICA DE

COTOPAXI: <https://earth.google.com/web/@-0.99964172,->

78.62349166,2729.8550604a,294.92037314d,35y,68.04408488h,0t,0r

Goyes, V.N.D., Verdezoto, M.K.T., n.d. ING. EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL 95.

GUTIERREZ, C. (2010). *LA CONTAMINACIÓN DEL RÍO CUTUCHI*. Obtenido de PDF:

<http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/10203/1/Tesis%20Carlos%20Gutierrez%20A1.pdf>

Gonzales, K., 2017. Pasto Guinea Mombasa (*Panicum máximum*, Jacq). Zootecnia y

Veterinaria es mi Pasión. URL <https://zoovetesmpasion.com/pastos-y-forrajes/tipos-de-pastos/pasto-guinea-mombasa-panicum-maximum-jacq/> (accessed 1.25.20).

Goyes, V.N.D., Verdezoto, M.K.T., n.d. ING. EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL 95.

Hubbard, R. K. (2010). "Floating Vegetated Mats for Improving Surface Water Quality," in *Emerging Environmental Technologies, Volume II*, Springer, Dordrecht. Obtenido de pp. 211–244.

INAMHI, (2012). CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y

QUÍMICOS DE LOS EFLUENTES DE AGUA AL RÍO CUTUCHI EN EL SECTOR LASSO CANTÓN LATACUNGA PROVINCIA COTOPAXI, PERIODO 2015, Latacunga 2015.

INAMHI, (2012). CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE

LOS EFLUENTES DE AGUA AL RÍO CUTUCHI EN EL SECTOR LASSO CANTÓN LATACUNGA PROVINCIA COTOPAXI, PERIODO 2015, Latacunga 2015.

INEC. (2010). Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Censo:

<http://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas/>

INEN. (2013). *Pdf*. Obtenido de NORMA TECNICA ECUATORIANA:

<http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2169-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-MANEJO-Y-CONSERVACION-DE-MUESTRAS.pdf>

Isch Edgar, n.d. ART. Contaminacion de las aguas:Layout 1 52.

Jian-feng, Z., Gu-yuan, L., Xiao-yi, X., Jia, C., and Wei-qun, S., . (2003). “Canna indica and Acorus calamus Ecological Floating Beds for Purification of Micro-polluted Source Water,” *China Water & Wastewater*,. vol. 3,.

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

*LIMITACIONES*. Mexico

Li, H., Wong, Z. E., Wei, Z., & M.H. (Enero de 2011). *ScienceDirect*. Obtenido de

ELSEVIER: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749110004483>

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

Martínez-Peña, L., 2018. Islas flotantes como estrategia para el establecimiento de plantas acuáticas en el Jardín Botánico de Bogotá 11.

*MANUAL DE PRÁCTICAS CON R*. (s.f.). Obtenido de ManualRdef:

<http://matematicas.unex.es/~trinidad/mui/tutorial.R.pdf>

Marin, R., 2012. *PROCESOS FISICOQUÍMICOS EN DEPURACIÓN DE AGUAS* 18.

Martínez-Peña, L., 2018. Islas flotantes como estrategia para el establecimiento de plantas acuáticas en el Jardín Botánico de Bogotá 11.

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

Muñoz-Nava, H., Suárez-Sánchez, J., Vera-Reyes, A., Orozco-Flores, S., Batlle-Sales, J., Ortiz-Zamora, A. de J., Mendiola-Argüelles, J., n.d. *DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO Y POBLACIÓN EN LA SUBCUENCA DEL RÍO ZAHUAPAN, TLAXCALA, MÉXICO* 12.

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

Negrete, J., Varela, J., Heras, E., Alcívar, M., n.d. *ESTRATEGIAS IMPLEMENTADAS PARA LA RECUPERACIÓN DEL ESTERO PALANQUEADO, RAMAL INTERIOR DE LA RESERVA DE PRODUCCIÓN DE FAUNA MANGLARES EL SALADO* 11.

Neiff, J. J. (1999). El régimen de pulsos en ríos y grandes humedales de Sudamérica. *Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica*, 229, 99-103.

Negrete, J., Varela, J., Heras, E., Alcívar, M., 2019. *ESTRATEGIAS IMPLEMENTADAS PARA LA RECUPERACIÓN DEL ESTERO PALANQUEADO, RAMAL*

INTERIOR DE LA RESERVA DE PRODUCCIÓN DE FAUNA MANGLARES EL SALADO 11.

Nessner V, Esposito E. 2010. BIOTECHNOLOGICAL STRATEGIES APPLIED TO THE DECONTAMINATION OF SOIL POLLUTED WITH HEAVY METALS. *Biotechnology advances*, 28:61-89.

Orihuela, J.A., n.d. Síntesis de los estudios de investigación y desarrollo con la especie *Vetiveria zizanioides* (vetiveria) en Perú 17.

Orihuela, J.A., 2017. Síntesis de los estudios de investigación y desarrollo con la especie *Vetiveria zizanioides* (vetiveria) en Perú 17.

Rodríguez, F.M.S., 2013. Revisión bibliográfica CULTIVO DEL GÉNERO HELICONIA 34, 9.

Peña, D., & Flores, M. (2012). "EVALUACION DE LA EFICIENCIA DE REMOCION DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL EN FUNCION DE LA GRANULOMETRIA DE GRAVA EN EL MEDIO FILTRANTE". Perú.

Ruiz, Á.A., 2005. La electrocoagulación: una alternativa para el tratamiento de aguas residuales 9.

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

Sinchiguano Almache Luis Fernando, Almache Guamani Luis Paul, 2018. "Islas Flotantes Artificiales con PASTO GUINEA (*Panicum máximum*) como alternativa para la remoción de TPH (Hidrocarburos Totales de Petróleo) en el agua procedente del río Cutuchi."

UTILIZACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE *Canna edulis*.pdf, n.d.

Vargas, J.C., Leonard, I., Uvidia, H., Torres, V., Andino, M., Benítez, D., 2014. El crecimiento del pasto *Panicum maximum* vs Mombaza en la Amazonía Ecuatoriana - Growing grass *Panicum maximum* 8.

Wang, L.K. (Ed.), 2010. Environmental bioengineering, Handbook of environmental engineering. Humana Press, New York, N.Y.

Warmke, H. E. (1954). Apomixis in *Panicum maximum*. *American Journal of Botany*, 41(1), 511



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: **MIRIAM JIMENA SÁNCHEZ MULLO Y TIPÁN CHIRIBOGA JENIFFER ARACELY**, de la **CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**, cuyo título versa **"EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DEL SISTEMA DE LAS ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES (IFA) CON ACHIRA (*Cana Indica*), VETIVER (*Vetiveria zizanoide*), PASTO GUINEA (*Panicum maximum*) Y MIX (pasto guinea-achira) 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 estimen conveniente.

Latacunga, febrero del 2020

Atentamente,



Msc. Alison Mena Barthelotty

**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**  
C.C. 0501801252



# ANEXOS

## Anexo 1. Primer análisis de laboratorio LABIOTEC para pasto guinea

Dirección: De las Gardenias E12-81 y de las Magnolias, El Inca, Quito, Ecuador  
 Teléfono: 2449986 / 0984232025 / 0987954377. E-mail: labiotec\_2013@hotmail.com



### INFORME DE ANALISIS DE AGUAS

CONTROL Y CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DE EMISIONES Y EFLUENTES INDUSTRIALES

ANALISIS SOLICITADO POR: JENIFER ARACELY TPAN CHIRIBOGA  
 EMPRESA: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI  
 DIRECCION TOMA DE MUESTRA: BARRIO SALACHE, LATAJUNGA, COTOPAXI  
 FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 2019-10-24  
 HORA DE TOMA DE MUESTRA: 10:14:00  
 FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA: 2019-10-24  
 FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA: 2019-11-08  
 PERIODO DE ANALISIS: 2019-10-24 A 2019-11-08  
 TIPO DE MUESTRA: SIMPLE  
 CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA: AGUA CLARA  
 MUESTREADO POR: CLIENTE  
 COORDENADAS: 0784514 ; 9889440  
 UBICACION: MI

CERTIFICADO DE ACREDITACION SAE LEM 16-006  
 \*\* Parámetros fuera del rango acreditado  
 \* Parámetros No acreditados

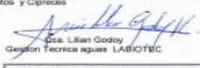
INFORME N°: A19-419-01

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	0,7	mg/l +/- 88%
2	FOSFATOS *	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 P.C	PA-49.00	111,3	mg/l +/- 0,45 mg/l
3	NITRATOS *	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 E	PA-48.00	44,97	mg/l +/- 0,56 mg/l
4	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+	PTA-01	7,7	un pH +/- 0,2UN

3. 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 Laboratorio De las Gardenias E12-81 y Magnolias.

En 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 la reproducción parcial o total, por cualquier medio, sin permiso por escrito del laboratorio.

CONDICIONES AMBIENTALES: 20 °C

  
 Dra. Lilian Godoy  
 Gerente Técnica aguas LABIOTEC



LAB - BIO - TEC  
 SOCIEDAD SUJETA  
 R.U.C. 1702473047001

## Anexo 2. Segundo análisis de laboratorio LABIOTEC para pasto guinea

Dirección: De las Gardenias E12-81 y de las Magnolias, El Inca, Quito, Ecuador  
 Teléfono: 2449986 / 0984232025 / 0987954377. E-mail: labiotec\_2013@hotmail.com



### INFORME DE ANALISIS DE AGUAS

CONTROL Y CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DE EMISIONES Y EFLUENTES INDUSTRIALES

ANALISIS SOLICITADO POR: JENIFER ARACELY TPAN CHIRIBOGA  
 EMPRESA: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI  
 DIRECCION TOMA DE MUESTRA: BARRIO SALACHE, LATAJUNGA, COTOPAXI  
 FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 2019-11-14  
 HORA DE TOMA DE MUESTRA: 11:52:00  
 FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA: 2019-11-14  
 FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA: 2019-11-29  
 PERIODO DE ANALISIS: 2019-11-14 A 2019-11-29  
 TIPO DE MUESTRA: SIMPLE  
 CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA: AGUA CLARA  
 MUESTREADO POR: CLIENTE  
 COORDENADAS: 0784514 ; 9889440  
 UBICACION: MI

CERTIFICADO DE ACREDITACION SAE LEM 16-006  
 \*\* Parámetros fuera del rango acreditado  
 \* Parámetros No acreditados

INFORME N°: A19-455-01

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	1,90	mg/l +/- 88%
2	FOSFATOS *	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 P.C	PA-49.00	60,21	mg/l +/- 0,45 mg/l
3	NITRATOS *	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 E	PA-48.00	97,70	mg/l +/- 0,56 mg/l
4	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+	PTA-01	8,3	un pH +/- 0,2UN

3. 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 Laboratorio De las Gardenias E12-81 y Magnolias.

En 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 la reproducción parcial o total, por cualquier medio, sin permiso por escrito del laboratorio.

CONDICIONES AMBIENTALES: 20 °C

  
 Dra. Lilian Godoy  
 Gerente Técnica aguas LABIOTEC



LAB - BIO - TEC  
 SOCIEDAD SUJETA  
 R.U.C. 1702473047001

Anexo 3. Tercer análisis de laboratorio LABIOTEC para pasto guinea

**INFORME DE ANALISIS DE AGUAS**

<b>ANALISIS SOLICITADO POR :</b> JENIFER ARACELY TIPAN CHIBOGA					
<b>EMPRESA:</b> UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI					
<b>DIRECCION TOMA DE MUESTRA:</b> BARRIO SALACHE, LATACUNGA, COTOPAXI					
<b>FECHA DE TOMA DE MUESTRA:</b> 2019-12-09					
<b>HORA DE TOMA DE MUESTRA:</b> 7:15:00					
<b>FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA:</b> 2019-12-09					
<b>FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA:</b> 2019-12-24					
<b>PERIODO DE ANALISIS:</b> 2019-12-09 A 2019-12-24					
<b>TIPO DE MUESTRA:</b> SIMPLE					
<b>CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA:</b> AGUA CLARA					
<b>MUESTREO POR :</b> CLIENTE					
<b>COORDENADAS :</b> 764514; 082944E					
<b>UBICACION :</b> M1					

CERTIFICADO DE AcreditACION SAE LEN 18-005  
 \*\* Parámetros fuera del rango acreditado  
 \* Parámetros No acreditados

**INFORME N°:** A19-555-01

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	3,62	mg/l	±1. 10%
3	FOSFATOS	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 P C PA-49.0E	961,00	mg/l	±1. 1,67 mg/l
3	NITRATOS	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 E PA-48.0E	154,20	mg/l	±1. 0,56 mg/l
4	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+ PTA-01	7,0	un pH	±1. 0,2UN

A. Parámetros subcontratados a laboratorio a laboratorio con Acreditación No. SAE-LEN-25-0002, ubicado en Los Escaleros y Capresas SIN MARCA; Parámetros Analizados en las instalaciones de Laboratorio De las granjas E12 B1 y Magnolias.  
 NOTA: El laboratorio No se responsabiliza por las condiciones bajo las cuales se toma la muestra.

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

CONDICIONES AMBIENTALES 30 °C

Qca. Lilian Godoy  
 Gestora Técnica aguas LABIOTEC

Anexo 4. Cuarto análisis de laboratorio LABIOTEC para pasto guinea

Dirección De las Granjas E12 B1 y de las Magnolias, El Inca, Quito Ecuador  
 Teléfono: 2469986 / 0984252025 / 0987954877 Email: labotec.2019@hotmail.com

**INFORME DE ANALISIS DE AGUAS**

<b>ANALISIS SOLICITADO POR :</b> JENIFER ARACELY TIPAN CHIBOGA					
<b>EMPRESA:</b> UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI					
<b>DIRECCION TOMA DE MUESTRA:</b> BARRIO SALACHE, LATACUNGA, COTOPAXI					
<b>FECHA DE TOMA DE MUESTRA:</b> 2019-12-15					
<b>HORA DE TOMA DE MUESTRA:</b> 19:45:00					
<b>FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA:</b> 2019-12-15					
<b>FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA:</b> 2019-12-20					
<b>PERIODO DE ANALISIS:</b> 2019-12-15 A 2019-12-20					
<b>TIPO DE MUESTRA:</b> SIMPLE					
<b>CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA:</b> AGUA CLARA					
<b>MUESTREO POR :</b> CLIENTE					
<b>COORDENADAS :</b> 764514; 999949					
<b>UBICACION :</b> M1					

CERTIFICADO DE AcreditACION SAE LEN 18-005  
 \*\* Parámetros fuera del rango acreditado  
 \* Parámetros No acreditados

**INFORME N°:** A19-503-01

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	4,01	mg/l	±1. 10%
2	FOSFATOS	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 P C PA-49.0E	15,20	mg/l	±1. 0,40 mg/l
3	NITRATOS	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 E PA-48.0E	3,39	mg/l	±1. 0,56 mg/l
4	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+ PTA-01	6,7	un pH	±1. 0,2UN

A. Parámetros subcontratados a laboratorio a laboratorio con Acreditación No. SAE-LEN-25-0002, ubicado en Los Escaleros y Capresas SIN MARCA; Parámetros Analizados en las instalaciones de Laboratorio De las granjas E12 B1 y Magnolias.  
 NOTA: El laboratorio No se responsabiliza por las condiciones bajo las cuales se toma la muestra.

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

CONDICIONES AMBIENTALES 30 °C

Qca. Lilian Godoy  
 Gestora Técnica aguas LABIOTEC

CONTROL Y CARACTERIZACION AMBIENTAL DE EMISIONES Y EFUEVENTOS INDUSTRIALES

Anexo 5. Primer análisis de laboratorio LABIOTEC para vetiver

Dirección: De las Ganderías E12-81 y de las Magnólicas, El Inca, Quito, Ecuador  
 Teléfono: 2469986 / 098425202 / 0987954377 E-mail: labotec\_2013@hotmail.com

### INFORME DE ANALISIS DE AGUAS

CONTROL Y CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DE EMISIONES Y EFUEVENTOS INDUSTRIALES

ANÁLISIS SOLICITADO POR: JENIFER ARACELY TAPAN CHRIBOGA  
 EMPRESA: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI  
 DIRECCION TOMA DE MUESTRA: BARRIO SALACHE, LATACUNGA, COTOPAXI  
 FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 2019-10-24  
 HORA DE TOMA DE MUESTRA: 12:18:00  
 FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA: 2019-10-24  
 FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA: 2019-11-08  
 PERIODO DE ANALISIS: 2019-10-24 A 2019-11-08  
 TIPO DE MUESTRA: SIMPLE  
 CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA: AGUA CLARA  
 MUESTREADO POR: CLIENTE  
 COORDENADAS: 0794514 - 9089440  
 UBICACION: NO

CERTIFICADO DE AcreditACION SAC LEN 16-008  
 \*\* Parámetros: fuera del rango acreditado  
 \* Parámetros No acreditados

INFORME N°: A19-419-02

No	PARAMETROS	EXPRESADO COMO:	METODO DE ANALISIS	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES	INCERTIDUMBRE U R3
1	DEMANDA BIQUIMICA DE OXIGENO **	DBO	S.M. Ed. 22-2012; 5210 B PTA-54	3.28	mg/l	+/- 18%
2	FOSFATOS **	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4900 P C PA-49-03	296,26	mg/l	+/- 1,57 mg/l
3	NITRATOS **	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4506 NO3 E PA-46-00	5,10	mg/l	+/- 0,47 mg/l
4	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4506 H PTA-01	7,5	un.pH	+/- 0,20N

3. Parámetros subcontrolados a laboratorio a laboratorio con Acreditación No SAC LEN-05-008, ubicado en Los Escalopates y Cajas SIN MARCA. Parámetros Analizados en las instalaciones de Labiotec. De las ganderías E12-81 y Magnólicas

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 análisis. Prohibido su reproducción parcial o total por cualquier medio, sin permiso por escrito del laboratorio.

Dra. Lilian Górriz  
 Gestora Técnica aguas LABIOTEC

CONDICIONES AMBIENTALES: 20 °C

**LAB - BIO - TEC**  
 SOCIEDAD ANÓNIMA  
 S.R.L. 1700-575-0204

Anexo 6. Segundo análisis de laboratorio LABIOTEC para vetiver

Dirección: De las Ganderías E12-81 y de las Magnólicas, El Inca, Quito, Ecuador  
 Teléfono: 2469986 / 098425202 / 0987954377 E-mail: labotec\_2013@hotmail.com

### INFORME DE ANALISIS DE AGUAS

CONTROL Y CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DE EMISIONES Y EFUEVENTOS INDUSTRIALES

ANÁLISIS SOLICITADO POR: JENIFER ARACELY TAPAN CHRIBOGA  
 EMPRESA: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI  
 DIRECCION TOMA DE MUESTRA: BARRIO SALACHE, LATACUNGA, COTOPAXI  
 FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 2019-11-14  
 HORA DE TOMA DE MUESTRA: 11:02:00  
 FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA: 2019-11-14  
 FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA: 2019-11-29  
 PERIODO DE ANALISIS: 2019-11-14 A 2019-11-29  
 TIPO DE MUESTRA: SIMPLE  
 CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA: AGUA CLARA  
 MUESTREADO POR: CLIENTE  
 COORDENADAS: 794514 - 9089440  
 UBICACION: NO

CERTIFICADO DE AcreditACION SAC LEN 16-008  
 \*\* Parámetros: fuera del rango acreditado  
 \* Parámetros No acreditados

INFORME N°: A19-455-02

No	PARAMETROS	EXPRESADO COMO:	METODO DE ANALISIS	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES	INCERTIDUMBRE U R3
1	DEMANDA BIQUIMICA DE OXIGENO **	DBO	S.M. Ed. 22-2012; 5210 B PTA-04	1,66	mg/l	+/- 18%
2	FOSFATOS **	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4900 P C PA-49-03	200,6	mg/l	+/- 1,57 mg/l
3	NITRATOS **	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4506 NO3 E PA-46-00	508,75	mg/l	+/- 0,36 mg/l
4	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4506 H PTA-01	6,1	un.pH	+/- 0,20N

3. Parámetros subcontrolados a laboratorio a laboratorio con Acreditación No SAC LEN-05-008, ubicado en Los Escalopates y Cajas SIN MARCA. Parámetros Analizados en las instalaciones de Labiotec. De las ganderías E12-81 y Magnólicas

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 análisis. Prohibido su reproducción parcial o total por cualquier medio, sin permiso por escrito del laboratorio.

Dra. Lilian Górriz  
 Gestora Técnica aguas LABIOTEC

CONDICIONES AMBIENTALES: 20 °C

**LAB - BIO - TEC**  
 SOCIEDAD ANÓNIMA  
 S.R.L. 1700-575-0204

Anexo 7. Tercer análisis de laboratorio LABIOTEC para vetiver

**INFORME DE ANALISIS DE AGUAS**

<b>ANALISIS SOLICITADO POR :</b> JENIFER ARACELY TIAN CHIRIBOGA	
<b>EMPRESA:</b> UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI	
<b>DIRECCION TOMA DE MUESTRA:</b> BARRIO SALACHE, LATACLUNGA, COTOPAXI.	
<b>FECHA DE TOMA DE MUESTRA :</b> 2019-12-19	
<b>HORA DE TOMA DE MUESTRA :</b> 7:15:00	
<b>FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA :</b> 2019-12-19	
<b>FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA :</b> 2020-01-03	
<b>PERIODO DE ANALISIS:</b>	2019-12-19 A 2020-01-03
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	SIMPLE
<b>CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA:</b>	AGUA CLARA
<b>MUESTREADO POR :</b>	CLIENTE
<b>COORDENADAS :</b>	764514; 9899440
<b>UBICACION :</b>	M2

CERTIFICADO DE AcreditACION SAE LEN 18-005  
 \*\* Parámetros fuera del rango acreditado  
 \* Parámetros No acreditados

**INFORME N°:** A19-555-02

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	1,32	mg/l	+/- 18%
2	A. FOSFATOS **	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 P C PA-49.00	632,0	mg/l	+/- 1,67 mg/l
3	A. NITRATOS **	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 E PA-48.00	563,50	mg/l	+/- 0,36 mg/l
4	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+ PTA-01	6,3	un pH	+/- 0,2UN

\* Parámetros subcontratados a laboratorio a laboratorio con Acreditación N° SAE-LEN-05-0005, ubicado en Los Escalpitos y Cipreses SIN MARCA; Parámetros Analizados en las instalaciones de Labiotec. De las gardenias E12-01 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 análisis. Prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio, sin permiso por escrito del laboratorio.

Qca. Lilian Godoy  
Gestión Técnica aguas LABIOTEC

CONDICIONES AMBIENTALES 30 °C

Anexo 8. Cuarto análisis de laboratorio LABIOTEC para vetiver

Dirección: De las Gardenias E12-01 y De las Magnolias, El Inca, Quito - Ecuador  
 Teléfono: 2469986 / 0984232025 / 0987954377 Email: labiotec.2013@hotmail.com

**INFORME DE ANALISIS DE AGUAS**

<b>ANALISIS SOLICITADO POR :</b> JENIFER ARACELY TIAN CHIRIBOGA	
<b>EMPRESA:</b> UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI	
<b>DIRECCION TOMA DE MUESTRA:</b> BARRIO SALACHE, LATACLUNGA, COTOPAXI.	
<b>FECHA DE TOMA DE MUESTRA :</b> 2019-12-15	
<b>HORA DE TOMA DE MUESTRA :</b> 10:49:08	
<b>FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA :</b> 2019-12-15	
<b>FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA :</b> 2019-12-30	
<b>PERIODO DE ANALISIS:</b>	2019-12-15 A 2019-12-30
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	SIMPLE
<b>CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA:</b>	AGUA CLARA
<b>MUESTREADO POR :</b>	CLIENTE
<b>COORDENADAS :</b>	764514; 9899440
<b>UBICACION :</b>	M2

CERTIFICADO DE AcreditACION SAE LEN 18-005  
 \*\* Parámetros fuera del rango acreditado  
 \* Parámetros No acreditados

**INFORME N°:** A19-503-02

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	6,60	mg/l	+/- 18%
2	A. FOSFATOS	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 P C PA-48.00	25,00	mg/l	+/- 0,45 mg/l
3	A. NITRATOS	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 E PA-48.00	145,40	mg/l	+/- 0,56 mg/l
4	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+ PTA-01	6,4	un pH	+/- 0,2UN

\* Parámetros subcontratados a laboratorio a laboratorio con Acreditación N° SAE-LEN-05-0005, ubicado en Los Escalpitos y Cipreses SIN MARCA; Parámetros Analizados en las instalaciones de Labiotec. De las gardenias E12-01 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 análisis. Prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio, sin permiso por escrito del laboratorio.

Qca. Lilian Godoy  
Gestión Técnica aguas LABIOTEC

CONDICIONES AMBIENTALES 30 °C

CONTROL Y CARACTERIZACION AMBIENTAL DE EMISIONES Y EFLUENTES INDUSTRIALES

Anexo 9. Primer análisis de laboratorio LABIOTEC para achira

Dirección: De la Gerencia E12-B1 y de la Magisteria, El Inca, Quito, Ecuador  
 Teléfono: 2449388 / 0984532024 / 0987954377 E-mail: labiotec\_2013@hotmail.com

**INFORME DE ANALISIS DE AGUAS**

<b>ANALISIS SOLICITADO POR:</b> JENIFER ARACELY TIPAN CHRIBOGA	
<b>EMPRESA:</b> UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI	
<b>DIRECCION TOMA DE MUESTRA:</b> BARRIO SALACHE, LATACUNGA, COTOPAXI	
<b>FECHA DE TOMA DE MUESTRA:</b>	2019-10-24
<b>HORA DE TOMA DE MUESTRA:</b>	10:20:00
<b>FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA:</b>	2019-10-24
<b>FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA:</b>	2019-11-08
<b>PERIODO DE ANALISIS:</b>	2019-10-24 A 2019-11-08
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	SIMPLE
<b>CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA:</b> AGUA CLARA	
<b>MUESTREO POR:</b> CUENTE	
<b>COORDENADAS:</b> 0764513 - 9889443	
<b>UBICACION:</b> M3	

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

INFORME N°: A19-419-03

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	1,8	mg/l	+/- 50%
2	FOSFATOS	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 P C	PA-49.00	134,8	mg/l	+/- 0,45 mg/l
3	NITRATOS	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 C	PA-49.30	94,29	mg/l	+/- 0,56 mg/l
4	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+	PTA-01	7,4	un pH	+/- 0,2UN

\* Parámetros subcontratados a laboratorio a laboratorio con Acreditación No. SAE-LEN-35-0005, ubicado en Los Escalones y Cajas  
 \*\* MARCA: Parámetros Analizados en las instalaciones de Labiotec, De las gerencias E12-B1 y Magisteria

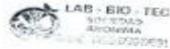
En condiciones ambientales no aplican ni los resultados de los análisis del presente informe, ni resultados de los análisis correspondientes (relacionados a la muestra, cantidad o origen) Pudiendo ser reproducible por sí y total, por cualquier medio, sin permiso por escrito del laboratorio.

Dra. Lilian Gudiño  
 Gerente Técnica aguas LABIOTEC

CONDICIONES AMBIENTALES 20 °C



CONTROL Y CARACTERIZACION AMBIENTAL DE EMISIONES Y EFLUENTES INDUSTRIALES



Anexo 10. Segundo análisis de laboratorio LABIOTEC para achira

Dirección: De la Gerencia E12-B1 y de la Magisteria, El Inca, Quito, Ecuador  
 Teléfono: 2449388 / 0984532024 / 0987954377 E-mail: labiotec\_2013@hotmail.com

**INFORME DE ANALISIS DE AGUAS**

<b>ANALISIS SOLICITADO POR:</b> JENIFER ARACELY TIPAN CHRIBOGA	
<b>EMPRESA:</b> UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI	
<b>DIRECCION TOMA DE MUESTRA:</b> BARRIO SALACHE, LATACUNGA, COTOPAXI	
<b>FECHA DE TOMA DE MUESTRA:</b>	2019-11-14
<b>HORA DE TOMA DE MUESTRA:</b>	11:02:00
<b>FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA:</b>	2019-11-14
<b>FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA:</b>	2019-11-29
<b>PERIODO DE ANALISIS:</b>	2019-11-14 A 2019-11-29
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	SIMPLE
<b>CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA:</b> AGUA CLARA	
<b>MUESTREO POR:</b> CUENTE	
<b>COORDENADAS:</b> 7645103 - 9889443	
<b>UBICACION:</b> M3	

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

INFORME N°: A19-455-03

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	0,61	mg/l	+/- 10%
2	FOSFATOS	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 P C	PA-49.00	136,38	mg/l	+/- 0,45 mg/l
3	NITRATOS	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 E	PA-49.00	52,55	mg/l	+/- 0,56 mg/l
4	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+	PTA-01	7,3	un pH	+/- 0,2UN

\* Parámetros subcontratados a laboratorio a laboratorio con Acreditación No. SAE-LEN-35-0005, ubicado en Los Escalones y Cajas  
 \*\* MARCA: Parámetros Analizados en las instalaciones de Labiotec, De las gerencias E12-B1 y Magisteria

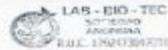
En condiciones ambientales no aplican ni los resultados de los análisis del presente informe, ni resultados de los análisis correspondientes (relacionados a la muestra, cantidad o origen) Pudiendo ser reproducible por sí y total, por cualquier medio, sin permiso por escrito del laboratorio.

Dra. Lilian Gudiño  
 Gerente Técnica aguas LABIOTEC

CONDICIONES AMBIENTALES 20 °C



CONTROL Y CARACTERIZACION AMBIENTAL DE EMISIONES Y EFLUENTES INDUSTRIALES



Anexo 11. Tercer análisis de laboratorio LABIOTEC para achira

**INFORME DE ANALISIS DE AGUAS**

<b>ANALISIS SOLICITADO POR :</b> JENIFER ARACELY TIFAN CHRIBOGA	
<b>EMPRESA:</b> UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI	
<b>DIRECCION TOMA DE MUESTRA:</b> BARRIO SALACHE, LATACUNGA, COTOPAXI	
<b>FECHA DE TOMA DE MUESTRA :</b>	2019-12-19
<b>HORA DE TOMA DE MUESTRA :</b>	7:14:06
<b>FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA :</b>	2019-12-19
<b>FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA :</b>	2020-01-03
<b>PERIODO DE ANALISIS:</b>	2019-12-19 A 2020-01-03
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	SIMPLE
<b>CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA:</b>	AGUA CLARA
<b>MUESTREO POR :</b>	CLIENTE
<b>COORDENADAS :</b>	764512; 9889442
<b>UBICACION :</b>	MS

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

**INFORME N°:** A19-555-03

Nº	PARAMETROS	EXPRESADO COMO:	METODO DE ANALISIS	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES	INCERTIDUMBRE U.K.2
1	DEMANDA BIQUIMICA DE OXIGENO **	DBO	S.M. Ed. 22-2012; 5210 B PTA-04	1,16	mg/l	± 16%
2	A. FOSFATOS **	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 P C PA-49.02	907,5	mg/l	± 0,45 mg/l
3	A. NITRATOS	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 E PA-48.02	90,32	mg/l	± 0,56 mg/l
4	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+ PTA-01	6,6	un pH	± 0,2UN

1. Parámetros subcontratados a laboratorio a laboratorio con Acreditación No. SAE-LEN-05-005, ubicado en Los Escalitos y Cipreses SIN MARCA. Parámetros Analizados en las instalaciones de Labiotec. De las gardenias E12-01 y Magnolias.  
 NOTA: El laboratorio No se responsabiliza por las condiciones bajo las cuales se tomó 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.

Dr. Lisan Godoy  
 Gestor Técnico aguas LABIOTEC

**CONDICIONES AMBIENTALES:** 20 °C

Anexo 12. Cuarto análisis de laboratorio LABIOTEC para achira

Dirección: De las Gardenias E12-01 y de las Magnolias, El Pasa, Quito - Ecuador  
 Teléfono: 2419186 / 0984252025 / 0987554377 Email: labotec\_2013@hotmail.com

**INFORME DE ANALISIS DE AGUAS**

<b>ANALISIS SOLICITADO POR :</b> JENIFER ARACELY TIFAN CHRIBOGA	
<b>EMPRESA:</b> UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI	
<b>DIRECCION TOMA DE MUESTRA:</b> BARRIO SALACHE, LATACUNGA, COTOPAXI	
<b>FECHA DE TOMA DE MUESTRA :</b>	2019-12-15
<b>HORA DE TOMA DE MUESTRA :</b>	10:41:00
<b>FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA :</b>	2019-12-15
<b>FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA :</b>	2019-12-30
<b>PERIODO DE ANALISIS:</b>	2019-12-15 A 2019-12-30
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	SIMPLE
<b>CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA:</b>	AGUA CLARA
<b>MUESTREO POR :</b>	CLIENTE
<b>COORDENADAS :</b>	764313; 9889442
<b>UBICACION :</b>	MS

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

**INFORME N°:** A19-503-03

Nº	PARAMETROS	EXPRESADO COMO:	METODO DE ANALISIS	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES	INCERTIDUMBRE U.K.2
1	DEMANDA BIQUIMICA DE OXIGENO **	DBO	S.M. Ed. 22-2012; 5210 B PTA-04	0,00	mg/l	± 16%
2	A. FOSFATOS	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 P C PA-49.02	12,40	mg/l	± 0,45 mg/l
3	A. NITRATOS	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 E PA-48.02	5,16	mg/l	± 0,47 mg/l
4	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+ PTA-01	6,7	un pH	± 0,2UN

1. Parámetros subcontratados a laboratorio a laboratorio con Acreditación No. SAE-LEN-05-005, ubicado en Los Escalitos y Cipreses SIN MARCA. Parámetros Analizados en las instalaciones de Labiotec. De las gardenias E12-01 y Magnolias.  
 NOTA: El laboratorio No se responsabiliza por las condiciones bajo las cuales se tomó 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.

Dr. Lisan Godoy  
 Gestor Técnico aguas LABIOTEC

**CONDICIONES AMBIENTALES:** 30 °C

**CONTROL Y CARACTERIZACION AMBIENTAL DE EMISIONES Y EFLUENTES INDUSTRIALES**



LAB - BIO - TEC  
 SOTOMAYOR  
 P. O. BOX 10001

Anexo 13. Primer análisis de laboratorio LABIOTEC para Mix (achira – pasto guinea)

Dirección: De las Gardenias E12-81 y de las Magnolias, El Inca, Quito, Ecuador  
 Teléfono: 2449180 / 0984252025 / 0987954377 E-mail: labiotec@labiotec.com

### INFORME DE ANALISIS DE AGUAS



CONTROL Y CARACTERIZACION AMBIENTAL DE EMISIONES Y EFLUENTES INDUSTRIALES

ANALISIS SOLICITADO POR: JENIFER ARACELY TIPAN CHIRBOGA  
 EMPRESA: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI  
 DIRECCION TOMA DE MUESTRA: BARRIO SALACHE, LATACUNGA, COTOPAXI  
 FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 2019-10-24  
 HORA DE TOMA DE MUESTRA: 10:34:00  
 FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA: 2019-10-24  
 FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA: 2019-11-08  
 PERIODO DE ANALISIS: 2019-10-24 A 2019-11-08  
 TIPO DE MUESTRA: SIMPLE  
 CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA: AGUA CLARA  
 MUESTREADO POR: CUENTE  
 COORDENADAS: 0794513, 9899443  
 UBICACION: MA

CERTIFICADO DE AcreditACION SAEL EN 16-030  
 \*\* Parámetros fuera del rango acreditado  
 \* Parámetros No acreditados

INFORME N°: A19-419-04

No	PARAMETROS	EXPRESADO COMO:	METODO DE ANALISIS	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES	INCERTIDUMBRE U.K.2
1	DEMANDA BIQUIMICA DE OXIGENO **	DBO	S.M. Ed. 22-2012; 5210 B	PTA-04	5.8	mg/l +/- 10%
2	FOSFATOS	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 F C	PA-40-00	88.2	mg/l +/- 0.45 mg/l
3	NITRATOS	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 E	PA-40-00	19.77	mg/l +/- 0.70 mg/l
4	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+	PTA-01	6.2	un pH +/- 0.20N

\* Parámetros subcontratados a laboratorio con Acreditación No SAE-LEN-05-3005 ubicado en Los Escobales y Capiros  
 \*\* Norma: Parámetros Analizados en las instalaciones de Laboratorio 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 recibida e entregada  
 No existe responsabilidad por el uso que se haga de los datos.

  
 Lilian Guadalupe  
 Gestora Técnica aguas LABIOTEC

CONDICIONES AMBIENTALES 22 °C



LAB - BIO - TEC  
 SOCIEDAD ANONIMA  
 S.R.L. 170473317001

Anexo 14. Segundo análisis de laboratorio LABIOTEC para Mix (achira – pasto guinea)

Dirección: De las Gardenias E12-81 y de las Magnolias, El Inca, Quito, Ecuador  
 Teléfono: 2449180 / 0984252025 / 0987954377 E-mail: labiotec@labiotec.com

### INFORME DE ANALISIS DE AGUAS



CONTROL Y CARACTERIZACION AMBIENTAL DE EMISIONES Y EFLUENTES INDUSTRIALES

ANALISIS SOLICITADO POR: JENIFER ARACELY TIPAN CHIRBOGA  
 EMPRESA: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI  
 DIRECCION TOMA DE MUESTRA: BARRIO SALACHE, LATACUNGA, COTOPAXI  
 FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 2019-11-14  
 HORA DE TOMA DE MUESTRA: 11:02:00  
 FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA: 2019-11-14  
 FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA: 2019-11-20  
 PERIODO DE ANALISIS: 2019-11-14 A 2019-11-20  
 TIPO DE MUESTRA: SIMPLE  
 CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA: AGUA CLARA  
 MUESTREADO POR: CUENTE  
 COORDENADAS: 794513, 9899443  
 UBICACION: MA

CERTIFICADO DE AcreditACION SAEL EN 16-030  
 \*\* Parámetros fuera del rango acreditado  
 \* Parámetros No acreditados

INFORME N°: A19-455-04

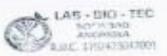
No	PARAMETROS	EXPRESADO COMO:	METODO DE ANALISIS	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES	INCERTIDUMBRE U.K.2
1	DEMANDA BIQUIMICA DE OXIGENO **	DBO	S.M. Ed. 22-2012; 5210 B	PTA-04	1.14	mg/l +/- 10%
2	FOSFATOS	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 F C	PA-40-00	65.64	mg/l +/- 0.45 mg/l
3	NITRATOS	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 E	PA-40-00	112.20	mg/l +/- 0.58 mg/l
4	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+	PTA-01	6.3	un pH +/- 0.20N

\* Parámetros subcontratados a laboratorio con Acreditación No SAE-LEN-05-3005 ubicado en Los Escobales y Capiros  
 \*\* Norma: Parámetros Analizados en las instalaciones de Laboratorio 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 recibida e entregada  
 No existe responsabilidad por el uso que se haga de los datos.

  
 Lilian Guadalupe  
 Gestora Técnica aguas LABIOTEC

CONDICIONES AMBIENTALES 26 °C



LAB - BIO - TEC  
 SOCIEDAD ANONIMA  
 S.R.L. 170473317001

Anexo 15. Tercer análisis de laboratorio LABIOTEC para Mix (achira – pasto guinea)

**INFORME DE ANALISIS DE AGUAS**

<b>ANALISIS SOLICITADO POR :</b> JENIFER ARACELY TIPAN CHRIBOGA	
<b>EMPRESA:</b> UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI	
<b>DIRECCION TOMA DE MUESTRA:</b> BARRIO SALACHE, LATACUNGA, COTOPAXI	
<b>FECHA DE TOMA DE MUESTRA :</b>	2019-12-19
<b>HORA DE TOMA DE MUESTRA :</b>	7:14:00
<b>FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA :</b>	2019-12-19
<b>FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA :</b>	2020-01-03
<b>PERIODO DE ANALISIS:</b>	2019-12-19 A 2020-01-03
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	SIMPLE
<b>CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA:</b> AGUA CLARA	
<b>MUESTREADO POR :</b> CLIENTE	
<b>COORDENADAS :</b>	784513; 9889440
<b>UBICACION :</b>	MA

CERTIFICADO DE ACREDITACION SAE LEN 18-005  
 \*\* Parámetros fuera del rango acreditado  
 \* Parámetros No acreditados

INFORME N°: A19-555-04

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	4,71	mg/l	+/- 18%
2	POSFATOS **	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 P C PA-49-00	560	mg/l	+/- 0,67 mg/l
3	NITRATOS **	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 E PA-48-00	237	mg/l	+/- 0,47 mg/l
4	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+ PTA-01	6,6	un.pH	+/- 0,2UN

1. Parámetros subcontratados a laboratorio a laboratorio con Acreditación N°: SAE -LEN-05-0005, ubicado en Los Escalitos y Cipreses  
 SINMARCIA: Parámetros Analizados en las instalaciones de Labiotec De las gardenias E12-E1 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

Qca. Lilian Dodoy  
 Gestora Técnica aguas LABIOTEC

CONDICIONES AMBIENTALES 20 °C

Anexo 16. Cuarto análisis de laboratorio LABIOTEC para Mix (achira – pasto guinea)

Dirección: De las Gardenias E12-E1 y de las Magnolias, El Inca, Quito Ecuador  
 Teléfono: 2469388 / 0984252025 / 0987954377. Email: labiotec@netnet.com

**INFORME DE ANALISIS DE AGUAS**

<b>ANALISIS SOLICITADO POR :</b> JENIFER ARACELY TIPAN CHRIBOGA	
<b>EMPRESA:</b> UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI	
<b>DIRECCION TOMA DE MUESTRA:</b> BARRIO SALACHE, LATACUNGA, COTOPAXI	
<b>FECHA DE TOMA DE MUESTRA :</b>	2019-12-15
<b>HORA DE TOMA DE MUESTRA :</b>	16:42:00
<b>FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA :</b>	2019-12-15
<b>FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA :</b>	2019-12-30
<b>PERIODO DE ANALISIS:</b>	2019-12-15 A 2019-12-30
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	SIMPLE
<b>CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA:</b> AGUA CLARA	
<b>MUESTREADO POR :</b> CLIENTE	
<b>COORDENADAS :</b>	784513; 9889440
<b>UBICACION :</b>	MA

CERTIFICADO DE ACREDITACION SAE LEN 18-005  
 \*\* Parámetros fuera del rango acreditado  
 \* Parámetros No acreditados

INFORME N°: A19-503-04

Nº	PARAMETROS	EXPRESADO COMO:	METODO DE ANALISIS	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES	INCERTIDUMBRE U.K.2
1	DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO **	DBO	S.M. Ed. 22-2012; 5210 B PTA-04	6,60	mg/l	+/- 18%
2	POSFATOS **	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 P C PA-49-00	4,30	mg/l	+/- 0,45 mg/l
3	NITRATOS **	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 E PA-48-00	8,43	mg/l	+/- 0,47 mg/l
4	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+ PTA-01	7,5	un.pH	+/- 0,2UN

1. Parámetros subcontratados a laboratorio a laboratorio con Acreditación N°: SAE -LEN-05-0005, ubicado en Los Escalitos y Cipreses  
 SINMARCIA: Parámetros Analizados en las instalaciones de Labiotec De las gardenias E12-E1 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

*Lilian Dodoy*  
 Qca. Lilian Dodoy  
 Gestora Técnica aguas LABIOTEC

CONDICIONES AMBIENTALES 20 °C

CONTROL Y CARACTERIZACION AMBIENTAL DE EMISIONES Y EFLUENTES INDUSTRIALES

LABIOTEC  
 2019-12-15  
 A19-503-04

## Anexo 17. Programación de ecuación de nitratos y fosfatos en el software RStudio

### IFA PASTO GUINEA

```

1 t <- c(20, 40)
2 Nitratos <- c(-117, 98)
3 Fosfatos <- c(46, 97)
4 DemandaB <- c(-150, -5)
5 PotencialH <- c(5.92, 5.2)
6 df3 <- data.frame(t, Nitratos, Fosfatos, DemandaB, PotencialH)
7 df3
8 m2 <- matrix(c(t, Nitratos, Fosfatos, DemandaB, PotencialH), nrow =2, ncol =5)
9 m2
10 colnames(m2) <-c("Tiempo", "Nitratos", "Fosfatos", "DBO5", "pH")
11 rownames(m2) <- c("1", "2")
12 m2
13 cor(m2)
14 modelo3 <- lm(Nitratos~t, data=df3)
15 summary(modelo3)
16 modelo4 <- lm(Fosfatos~t, data=df3)
17 summary(modelo4)
18

```

### IFA VETIVER

```

1 t <- c(20, 40)
2 Nitratos <- c(-4978, 74)
3 Fosfatos <- c(25, 96)
4 DemandaB <- c(49, -400)
5 PotencialH <- c(6.8, 6.35)
6 df3 <- data.frame(t, Nitratos, Fosfatos, DemandaB, PotencialH)
7 df3
8 m2 <- matrix(c(t, Nitratos, Fosfatos, DemandaB, PotencialH), nrow =2, ncol =5)
9 m2
10 colnames(m2) <-c("Tiempo", "Nitratos", "Fosfatos", "DBO5", "pH")
11 rownames(m2) <- c("1", "2")
12 m2
13 cor(m2)
14 modelo3 <- lm(Nitratos~t, data=df3)
15 summary(modelo3)
16 modelo4 <- lm(Fosfatos~t, data=df3)
17 summary(modelo4)
18

```

### IFA ACHIRA

```

1 t <- c(20, 40)
2 Nitratos <- c(3, 94)
3 Fosfatos <- c(32, 806)
4 DemandaB <- c(68, -459)
5 PotencialH <- c(7.35, 6.65)
6 df3 <- data.frame(t, Nitratos, Fosfatos, DemandaB, PotencialH)
7 df3
8 m2 <- matrix(c(t, Nitratos, Fosfatos, DemandaB, PotencialH), nrow =2, ncol =5)
9 m2
10 colnames(m2) <-c("Tiempo", "Nitratos", "Fosfatos", "DBO5", "pH")
11 rownames(m2) <- c("1", "2")
12 m2
13 cor(m2)
14 modelo3 <- lm(Nitratos~t, data=df3)
15 summary(modelo3)
16 modelo4 <- lm(Fosfatos~t, data=df3)
17 summary(modelo4)
18

```

### IFA MIX

```

1 t <- c(20, 40)
2 Nitratos <- c(-468, 96)
3 Fosfatos <- c(27.8, 99)
4 DemandaB <- c(77.2, -40)
5 PotencialH <- c(8.26, 7.05)
6 df3 <- data.frame(t, Nitratos, Fosfatos, DemandaB, PotencialH)
7 df3
8 m2 <- matrix(c(t, Nitratos, Fosfatos, DemandaB, PotencialH), nrow =2, ncol =5)
9 m2
10 colnames(m2) <-c("Tiempo", "Nitratos", "Fosfatos", "DBO5", "pH")
11 rownames(m2) <- c("1", "2")
12 m2
13 cor(m2)
14 modelo3 <- lm(Nitratos~t, data=df3)
15 summary(modelo3)
16 modelo4 <- lm(Fosfatos~t, data=df3)
17 summary(modelo4)

```