



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

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

Autores:

García Guamán Pablo Javier

Tiche Toasa José Gabriel

Tutor:

PhD. Ilbay Yupa Mercy Lucila

Latacunga – Ecuador

Febrero 2020

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 **García Guamán Pablo Javier**, identificado con C.C. **030290301-8** de estado civil **SOLTERO** y con domicilio en Cotopaxi - Latacunga, Parroquia El Salto y **Tiche Toasa José Gabriel** identificado con CC: **180458510-5** de estado civil **SOLTERO** y con domicilio en Tungurahua – Ambato, Parroquia Santa Rosa, quienes en lo sucesivo se denominarán **LOS CEDENTES**; y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **EL CESIONARIO** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

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

Historial académico. - (ABRIL - AGOSTO 2014 Hasta OCTUBRE 2019 – MARZO 2020)

Aprobación Consejo Directivo: Noviembre, 15 del 2019

Tutor: MSc. Ilbay Yupa Mercy Lucila

Tema: **“EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DEL SISTEMA IFA CON ACHIRA (CANNA INDICA) Y PASTO GUINEA (*PANICUM MÁXIMUM*) A TRAVÉS DE UN MODELO MATEMÁTICO”**

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

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA/EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 18 días del mes de febrero del 2020

.....

Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez

EL CESIONARIO

.....

Sr. García Guamán Pablo Javier

EL CEDENTE

.....

Sr. Tiche Toasa José Gabriel

EL CEDENTE

Latacunga, 7 de febrero del 2020

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“Evaluación de la remoción de contaminantes del sistema IFA con achira (*Canna indica*) y pasto guinea (*Panicum máximum*) a través de un modelo matemático”, García Guamán Pablo Javier y Tiche Toasa José Gabriel, 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



.....

PhD. Ilbay Yupa Mercy Lucila

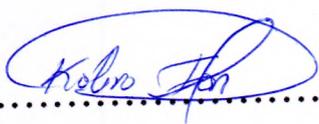
C.I. 0604147900

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 remoción de contaminantes del sistema IFA con achira (*Canna indica*) y pasto guinea (*Panicum máximum*) a través de un modelo matemático”, de García Guamán Pablo Javier y Tiche Toasa José Gabriel, 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.



.....

Lector 1 (Presidenta)

MSc. Kalina Marcela Fonseca Largo

C.C. 172353445-7

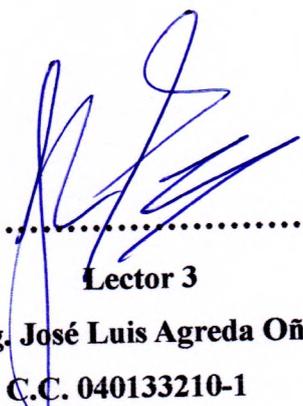


.....

Lector 2

Mg. Joseline Luisa Ruiz Depablos

C.C. 175873906-2



.....

Lector 3

Mg. José Luis Agreda Oña

C.C. 040133210-1

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **García Guamán Pablo Javier** y **Tiche Toasa José Gabriel** declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “**Evaluación de la remoción de contaminantes del sistema IFA con achira (*Canna indica*) y pasto guinea (*Panicum máximum*) a través de un modelo matemático**”, siendo la **MSc. Ilbay Yupa Mercy Lucila** tutora del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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



.....
García Guamán Pablo Javier
C.I. 030290301-8



.....
Tiche Toasa José Gabriel
C.I. 180458510-5



.....
PhD. Ilbay Yupa Mercy Lucila
C.I. 060414790-0

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar el mayor agradecimiento a Dios, por toda la ayuda en momentos difíciles, a nuestra familia por su gran apoyo incondicional durante todo este trayecto, a todas esas personas especiales que nos brindaron su confianza y a nuestros docentes, quienes forjaron nuevos conocimientos y nos permitieron formar un carácter profesional capaz de aportar a la sociedad con nuevos ideales y saberes.

García Guamán Pablo Javier

Tiche Toasa José Gabriel

DEDICATORIA

El actual trabajo de investigación va dedicado a toda mi familia que me brindó su apoyo en toda mi etapa de carrera universitaria, a aquellas personas que me acompañaron en diferentes periodos de mi vida estudiantil y en mi formación como profesional.

García Guamán Pablo Javier

Tiche Toasa José Gabriel

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DEL SISTEMA IFA CON ACHIRA (*Canna indica*) Y PASTO GUINEA (*Panicum maximum*) A TRAVÉS DE UN MODELO MATEMÁTICO”

Autores:

Pablo Javier García Guamán

José Gabriel Tiche Toasa

RESUMEN DEL PROYECTO

Las islas flotantes artificiales (IFA) son consideradas como una alternativa ecotecnológica innovadora diseñados para la captación de contaminantes presentes en los cuerpos de agua. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar a pasto guinea (*Panicum máximum*) y achira (*Canna indica*) como posibles especies fitorremediadoras de aguas contaminadas con exceso de nutrientes. Las plantas fueron sometidas a 44 días de adaptación y posteriormente instaladas en el sistema flotante. Para evaluar la remoción se analizaron cuatro parámetros (NO_3 , PO_4 , DBO_5 y pH), cada 21 días durante 3 meses. La relación del tiempo transcurrido con el porcentaje de remoción del contaminante se determinó mediante RStudio. Con el modelo matemático se estableció que en 63 días se puede obtener un 99.7% de remoción de Nitratos, así mismo el valor de DBO_5 es inversamente proporcional al valor de pH, teniendo aguas ácidas con menor cantidad de DBO_5 .

Palabras claves: Isla Flotante Artificial, fitorremediación, remoción, nitrato, fosfato, DBO_5 .

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

TITLE: “EVALUATION OF THE REMOVAL POLLUTANTS FROM FLOATING ARTIFICIAL ISLANDS SYSTEM WITH ACHIRA (*Canna indica*) AND GUINEA GRAS (*Panicum maximum*) THROUGHOUT A MATHEMATICAL MODEL”

Authors:

Pablo Javier García Guamán

José Gabriel Tiche Toasa

ABSTRAC

The artificial floating islands (AFI) are considered as an innovative eco-technological alternative designed to capture pollutants present in water bodies. The research objective was to evaluate a guinea grass (*Panicum maximum*) and achira (*Canna indica*), which are considered as possible phytoremediation species of contaminated water with excess of nutrients. The plants were subjected to 44 days of adaptation and subsequently installed in the floating system. To evaluate the removal, four parameters were analyzed (NO_3 , PO_4 , DBO_5 and pH), every 21 days for three months. The relationship elapsed time to the percentage of contaminant removal was determined by RStudio. With a mathematical model, it was established that in 63 days 99.7% and 24% removal of Nitrates and Phosphates can be obtained respectively, as well as DBO_5 value that is inversely proportional to the pH value, giving as a result acidic water with a greater presence of DBO_5 .

Key words: Artificial Floating Island, Phytoremediation, Removal, Nitrate, Phosphate and BOD_5 .

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. RESUMEN DEL PROYECTO	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	3
5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
6. OBJETIVOS	4
6.1. Objetivo general	4
6.2. Objetivos específicos.....	4
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	4
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	5
8.1. Recurso hídrico	5
8.2. Contaminación hídrica.....	5
8.2.1. Fuentes naturales	5
8.2.2. Fuente de artificiales.....	5
8.3. Tratamientos de aguas residuales.....	5
8.3.1. Fosfatos	6
8.3.2. Nitratos.....	6
8.4. Contaminación hídrica del río Cutuchi.....	6
8.4.1. Contaminación del agua por nitratos y fosfatos en el río Cutuchi.	7
8.5. Método alternativo de remediación.....	8
8.5.1. Fitorremediación.....	8
8.5.2. Historia.....	8
8.6. Islas flotantes artificiales IFAs.....	9
8.6.1. Aplicación de las IFAs.....	9
8.6.2. Ventajas de las Islas flotantes artificiales	10

8.7. Estructura.....	10
8.7.1. Funcionamiento.....	11
8.7.2. Tratamiento de contaminantes en la rizosfera.....	12
8.8. Características biológicas de las aguas residuales urbanas	12
8.9. IFAs en Ecuador.....	12
8.10. Las especies achira (<i>Canna indica</i>).....	13
8.10.1. Información taxonómica	13
8.10.2. Morfología.....	13
8.10.3. Fenología.....	14
8.11. Información taxonómica pasto guinea (<i>Panicum maximum</i>).....	15
8.11.1. Morfología.....	15
8.11.2. Fenología.....	16
8.11.3. Pasto guinea nitratos y fosfatos	17
8.11.4. Biopelículas.....	17
9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS	17
10. METODOLOGÍA / DISEÑO EXPERIMENTAL.....	18
10.1. Área de estudio.....	18
10.2. Sitio de recolección de agua	18
10.3. Ubicación del ensayo (tinas).....	19
10.4. Construcción de la matriz flotante	19
10.5. Implementación de sustrato	20
10.5.1. Aplicación del sustrato en el sistema.....	20
10.6. Adecuación del cuerpo hídrico.....	20
10.7. Adaptación de las especies vegetativas al sistema	21
10.8. Protocolo de toma de muestras (INEN 2169) LABIOTEC	21
10.8.1. Protocolo de muestreo de acuerdo con las especificaciones de LABIOTEC	22
10.9. Determinación del porcentaje de remoción	23

10.10. Correlación entre el crecimiento de la planta (radicular y aéreo) con los contaminantes	23
10.11. Modelo de regresión lineal simple	24
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	24
11.1. Siembra y adaptación del pasto guinea (<i>Panicum máximum</i>) y achira (<i>Canna indica</i>)	24
11.2. Desarrollo foliar (<i>Canna indica</i> y <i>Panicum maximum</i> .).....	25
11.3. Desarrollo del Rizoma.....	26
11.4. Concentración de los parámetros evaluados del agua procedente del río Cutuchi.	27
11.5. Porcentaje de remoción de Nitratos y Fosfatos.....	29
11.5.1. Resultados de Nitratos: porcentaje de remoción a los 21 y 63 días	29
11.5.2. Resultados de Fosfatos: porcentaje de remoción a los 21 y 63 días.....	30
11.5.3. Análisis	30
11.6. Relación del crecimiento de la achira (<i>Canna indica</i>) y la remoción de contaminantes	31
11.6.1. Correlación crecimiento radicular – Contaminante.....	31
11.6.2. Crecimiento aéreo – Contaminante	32
11.7. Coeficiente correlación DBO ₅ y pH.....	33
11.8. Modelo regresión lineal simple.....	33
11.8.1. Fórmula para Nitratos en relación al tiempo.....	34
11.9. Discusión de resultados	34
12. IMPACTOS	35
12.1. Técnicos	35
12.2. Sociales	36
12.3. Ambientales	36
12.4. Económicos.....	36
13. PRESUPUESTO	37
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	37

14.1. Conclusiones	37
14.2. Recomendaciones	38
15. BIBLIOGRAFÍA	38
16. ANEXOS	1
16.1. Hojas de vida.....	1
16.2. Registro fotográfico.....	7
16.3. Certificado de acreditación de LABIOTEC.....	10

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Beneficiarios del proyecto	3
Tabla 2. Actividades, resultados y metodología aplicada en la investigación	4
Tabla 3. Información taxonómica.....	13
Tabla 4. Información taxonómica.....	15
Tabla 5. Puntos de muestreo inicial para la selección del agua.....	19
Tabla 6. Proporciones del sustrato en la matriz flotante	20
Tabla 7. Trasplante, siembra y adaptación de las especies vegetales	21
Tabla 8. Requerimiento para la toma de la muestra	22
Tabla 9. Desarrollo Foliar y del Rizoma.....	27
Tabla 10. Puntos de muestreo canal Salcedo – Ambato	27
Tabla 11. Resultados de Porcentaje de reducción	30
Tabla 12. Crecimiento radicular y parámetros contaminantes	31
Tabla 13. Crecimiento radicular y parámetros contaminantes	32
Tabla 14. Monitoreos	33
Tabla 15. Coeficiente de correlación con la variable tiempo - contaminantes.....	33
Tabla 16. Presupuesto	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Microcuenca del río Cutuchi	7
Figura 2. Matriz flotante.....	11
Figura 3. Fibra de coco.....	11

Figura 4. Funcionamiento del Sistem IFA.	12
Figura 5. Sitio de muestreo y ubicación del ensayo	18
Figura 6. Matriz flotante.....	19
Figura 7. Etiqueta.....	22
Figura 8. Siembra y primeros brotes.....	24
Figura 9. Preparación de colinos Figura 10. Transplante de achira asl sistema.	25
Figura 11. Sistema IFA.	25
Figura 13. Desarrollo de las especies en el sistema.....	26
Figura 14. Desarrollo y crecimiento del rizoma	26
Figura 15. Canal Salcedo - Ambato.....	28
Figura 16. Punto 1 de muestreo del canal Salcedo - Ambato.....	28
Figura 17. Punto 2 de muestreo del canal Salcedo - Ambato.....	28
Figura 18. Punto 2 de muestreo del canal Salcedo - Ambato.....	29
Figura 19. Nitratos	29
Figura 20. Fosfatos.....	30
Figura 21. Correlación con DBO ₅ Figura 22. Correlación con PO ₄ %	31
Figura 23. Correlación con NO ₃ Figura 24. Correlación con pH	31
Figura 25. Correlación con DBO ₅ Figura 26. Correlación con PO ₄ %	32
Figura 27. Correlación con NO ₃ Figura 28. Correlación con pH.....	32
Figura 29. Diagrama de dispersión correlación Spearman	33

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Porcentaje de remoción.....	23
Ecuación 2. Correlación Spearman.....	23
Ecuación 3. Porcentaje de remoción de NO ₃	34
Ecuación 4. Porcentaje de remoción de PO ₄	34

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del proyecto

Evaluación de la remoción de contaminantes del Sistema Ifa con achira (*Canna indica*) y pasto guinea (*Panicum máximum*) a través de un modelo matemático.

Lugar de ejecución

Sector: Salache

Parroquia: Eloy Alfaro

Cantón: Latacunga

Provincia: Cotopaxi – Zona 3

Institución, unidad académica y carrera que auspicia

Universidad Técnica de Cotopaxi

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN)

Ingeniería en Medio Ambiente

Nombres del equipo de investigadores

Coordinador de Proyecto de Investigación: MSc. Kalina Fonseca

Tutor de Titulación: PhD. Mercy Ilbay

Estudiantes: Pablo Javier García Guamán y José Gabriel Tiche Toasa

Área de conocimiento

Ambiente / Manejo de Recursos Hídricos

Línea de investigación:

Análisis, Conservación y Aprovechamiento de la biodiversidad local

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Impactos Ambientales

Línea de vinculación

Servicios: Protección del medio ambiente y desastres naturales

2. RESUMEN DEL PROYECTO

Las islas flotantes artificiales (IFA) son consideradas como una alternativa ecotecnológica innovadora diseñados para la captación de contaminantes presentes en los cuerpos de agua. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar a pasto guinea (*Panicum máximum*) y achira (*Canna indica*) como posibles especies fitorremediadoras de aguas contaminadas con exceso de nutrientes. Las plantas fueron sometidas a 44 días de adaptación y posteriormente instaladas en el sistema flotante. Para evaluar la remoción se analizaron cuatro parámetros (NO_3 , PO_4 , DBO_5 y pH), cada 21 días durante 3 meses. La relación del tiempo transcurrido con el porcentaje de remoción del contaminante se determinó mediante RStudio. Con el modelo matemático se estableció que en 63 días se puede obtener un 99.7% de remoción de Nitratos, así mismo el valor de DBO_5 es inversamente proporcional al valor de pH, teniendo aguas ácidas con menor cantidad de DBO_5 .

Palabras claves: Isla Flotante Artificial, fitorremediación, remoción, nitrato, fosfato, DBO_5 .

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto de fitorremediación es la opción con mayor factibilidad para la descontaminación de agua procedente de las actividades industriales, mismas que desembocan de forma directa (alcantarillado) o de forma indirecta (planta de tratamiento, alcantarillado) hacia el efluente más cercano; sin un tratamiento adecuado de las aguas la principal afectación recae sobre las poblaciones agricultoras que hacen uso del recurso agua para regadíos, ganado o en el peor de los casos para el consumo diario humano.

Por todo ello se prevé que la fitorremediación por sistema IFAS (Islas Flotantes Artificiales), ayudan a la descontaminación de aguas negras y grises, a través de sus sistemas radiculares, devolviendo el agua utilizada en distintos procesos hacia el efluente en condiciones apropiadas que eviten la contaminación total o parcial de los sistemas acuíferos aledaños.

Este proceso tiene el propósito de evitar intoxicación por uso e ingesta de agua contaminada hacia medio agrícola, ganadero y humano quienes son receptores del recurso provenientes del canal Ambato – Salcedo. Con esto se busca tener una matriz productiva y de consumo con índices de calidad adecuados para la restauración del caudal, flora y fauna que dependen de este efluente, dando así un impacto a la calidad de vida de los sectores vulnerables y productivos de la región.

Proyectos de esta magnitud han dado la vuelta al mundo, dando resultados favorables ante el objetivo de descontaminar el agua de elementos dañinos y con mayor presencia en efluentes receptores de aguas residuales de la producción industrial y de uso doméstico, por ese motivo en el país y la región se ha establecido el sistema con la finalidad de mejorar, potenciar y velar por el ambiente encabezado desde el cuidado del líquido vital.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Tabla 1. Beneficiarios del proyecto

DIRECTOS	HOMBRES	MUJERES	INDIRECTOS	HOMBRES	MUJERES
Pobladores de la microcuenca del río Cutuchi	110 181	118 524	Secretaría del agua	5	7
			Ministerio del Ambiente	10	15
			Gobiernos Autónomos Descentralizados	4	7
TOTAL	228 705		TOTAL	48	

Fuente: (INEC, 2010) – Modificado por los autores

5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

A nivel de América Latina los problemas por contaminación de los efluentes de agua son preocupantes debido al vertido de aguas residuales sin tratamiento, además del abandono de los sistemas implementados. Es prioritario entonces desarrollar metodologías encaminadas a aumentarla sostenibilidad de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas y así como disminuir el impacto ocasionado por los vertimientos de agua contaminada (López, 2004).

Las pequeñas comunidades enfrentan un problema mayor dado que sus condiciones socioculturales, económicas, ambientales y técnicas, limitan la implementación de alternativas de tratamiento altamente tecnificadas las cuales son usadas comúnmente en las grandes ciudades del país. (López, 2004).

Las aguas del Río Cutuchi reciben un volumen diario de 30 000 m³ de aguas servidas y residuales de diferentes tipos: uso doméstico, fabricas, uso agrícola, ganadera y aguas del Hospital de la Provincia, hacia el canal Latacunga – Salcedo – Ambato desde el sector sur de la ciudad y de todo su cauce desde los sectores altos de la Provincia. (Ramírez, et al., 2013).

Según el Consejo Nacional de Recursos Hídricos (Pérez L., 2012). El Río Cutuchi a la altura de la Ciudad de Latacunga tiene un caudal medio anual de 5.2 m³ /s equivalente a 164 millones

de metros cúbicos (ARCSA, 2014). El consumo de agua es de 400 millones de metros cúbicos (ARCSA, 2014) para 24.000 ha de Área cultivada.

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo general

Estimar la capacidad de remoción de contaminantes con especies Achira (*Canna indica*), y Pasto guinea (*Panicum maximum*) en la remediación de aguas residuales con presencia de Nitratos, Fosfatos y DBO₅ a través de un modelo matemático.

6.2. Objetivos específicos

- Determinar la capacidad del porcentaje de remoción de contaminantes (Nitratos, Fosfatos y DBO₅) presentes en el agua.
- Establecer la correlación existente entre el crecimiento fisiológico de la especie y la capacidad de remoción de contaminantes.
- Analizar los resultados obtenidos por el modelo matemático en función de las variables tiempo y porcentaje de remoción de contaminantes por las especies vegetales.

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

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

Objetivo planteado	Actividad	Resultado	Metodología
Determinar la capacidad del porcentaje de remoción de contaminantes (Nitratos, Fosfatos y DBO ₅) presentes en el agua.	Establecimiento del sistema IFA. Monitoreo de los diferentes parámetros de contaminación	Comprender la capacidad del sistema IFA a partir del porcentaje de remoción de los diferentes parámetros de estudio.	Muestras in situ Para los resultados obtenidos es necesario la aplicación de la fórmula de remoción de contaminantes
Establecer la correlación existente entre el crecimiento fisiológico de la especie y la capacidad de remoción de contaminantes	Registro del crecimiento progresivo de la fisiología de la especie Achira y Pasto Guinea.	El proceso de crecimiento de la planta Achira y Pasto Guinea tiene una relación directa con la remoción de los diferentes contaminantes	Acopio de datos referente al crecimiento de la Achira y Pasto Guinea
Analizar los resultados obtenidos por el modelo matemático en función de las variables tiempo y porcentaje de	Estudio estadístico del crecimiento fisiológico de la raíz	El crecimiento del sistema radicular va vinculado con una ecuación lineal que	Los datos obtenidos de la investigación deben ser analizados de una forma cuantitativa

remoción de contaminantes por las especies vegetales.		permita analizar los diferentes parámetros	
---	--	--	--

Elaborado por: García Javier & Tiche José (2019)

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1. Recurso hídrico

La calidad del agua en actividades antrópicas, en ambientes loticos y lenticos han sufrido un cambio negativo en su composición. La calidad hace referencia a las características químicas, físicas y biológicas del agua, en su estado natural o residual, con la utilización de fertilizantes en la agricultura puede reflejar un exceso de nitrógeno y fosforo en el agua superficial, ocasionando los excedentes llamados nutrientes porque actúan como alimento para las plantas igualmente el uso de metales pesados en la industria produciendo un notable deterioro en calidad del agua (Brito et al., 2015).

8.2. Contaminación hídrica

8.2.1. Fuentes naturales

Dependiendo de los terrenos en que traslada el agua se añade componentes de origen natural procedentes del contacto con la atmósfera y el suelo (Ej. Sales minerales, calcio, magnesio, hierro etc. Sin embargo, pueden ser nocivos para la salud, en general son sustancias que se pueden identificar fácilmente y eliminar (García, 2012).

8.2.2. Fuente de artificiales

Este tipo de contaminación es producida como consecuencia de las actividades humanas. El progreso industrial ha provocado la aparición de ciertos componentes que son peligrosos para el medio ambiente y para los organismos y difíciles de eliminar (Suárez, 2012)

8.3. Tratamientos de aguas residuales

Las aguas residuales son intervenidas a una serie de procesos físicos, químicos y biológicos con el fin de reducir sus contaminantes y permitir su vertido, minimizando los riesgos para el medio ambiente y para la salud. Los sistemas de depuración de las aguas residuales son múltiples, pero se clasifican siempre en función del nivel de tratamiento conseguido (Barakat, 2011):

- El pretratamiento elimina las materias gruesas, cuerpos gruesos y arenosos cuya presencia en el efluente puede perturbar el tratamiento total y el funcionamiento eficiente de la maquinaria, equipos e instalaciones de la estación depuradora.
- El tratamiento primario elimina solo parte de los sólidos en suspensión y se basa normalmente en tecnologías de eliminación mecánica.
- El tratamiento secundario utiliza como norma general sistemas biológicos con microorganismos aerobios o anaerobios que descomponen la mayor parte de la materia orgánica y retienen entre un 20 y un 30 % de los nutrientes, eliminando hasta el 75 % del amonio.
- El tratamiento terciario incluye la retención del fósforo y del nitrógeno, incluyendo también la eliminación de microorganismos patógenos.

8.3.1. Fosfatos

El fósforo está presente de diversas formas en el agua, tanto natural como residual. En este último se encuentra casi exclusivamente como fosfato; los cuales se clasifican como ortofosfatos (fosfato PO_4), fosfatos condensados (polifosfatos) y fosfatos unidos orgánicamente. Estos pueden estar en solución, en partículas o detritus, o en los cuerpos de los organismos acuáticos (Levie E., 2010).

8.3.2. Nitratos

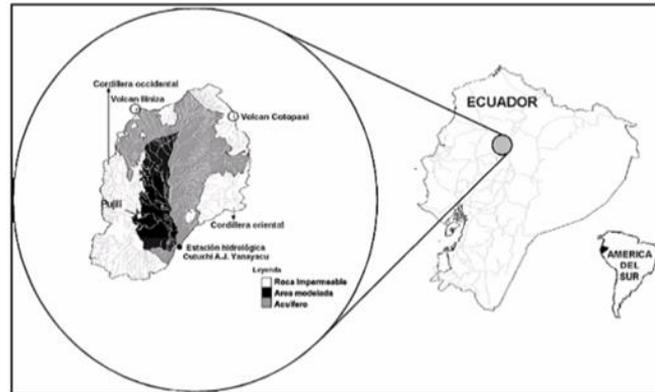
Un contaminante significativo en el agua es el nitrógeno (N_2). Los compuestos nitrogenados cobran relevancia, no solo porque el nitrógeno es un elemento esencial en las funciones metabólicas, sino por su cantidad mayoritaria en el aire, suelo y agua. (Bolaños, et al., 2017) Su presencia se debe a causas naturales como la disolución atmosférica, escorrentías superficiales y subterráneas; y a causas antropogénicas provenientes de usos domésticos e industriales. En el agua, los compuestos nitrogenados inorgánicos más comunes son el amonio, nitrito y nitrato. En algunos casos cuando la contaminación es producida por fertilizantes inorgánicos o por algún proceso industrial, pueden encontrarse cantidades significativas de nitritos y nitratos (Ortíz L., 2009).

8.4. Contaminación hídrica del río Cutuchi

Estudios realizados por el INAMI determina que el río Cutuchi es uno de los principales afluentes de la provincia de Cotopaxi, abarca un área de 14.996 hectáreas, surge de los deshielos del volcán Cotopaxi, se localiza en la parte alta de la cuenca del río Pastaza, atraviesa las

ciudades de Latacunga, Salcedo y parte de Ambato, con una pendiente de 8.8%, es uno de los primordiales ríos de la zona sierra centro, sus aguas son utilizadas principalmente para actividades pecuarias. Las precipitaciones oscilan entre 250- 500 mm anuales (Sinchiguano, et al., 2018).

Figura 1. Microcuenca del río Cutuchi



Fuente: (Taco, 2000)

8.4.1. Contaminación del agua por nitratos y fosfatos en el río Cutuchi.

La contaminación de fuentes hídricas por diferentes actividades, entre ellas las aguas residuales, es una problemática que ha incrementado por el crecimiento poblacional e industrial, la presencia de nitratos en el río Cutuchi se debe a que atraviesa una zona de importante producción florícola, ganadera y de agricultura no tecnificada mientras que la alta contaminación de fosfatos se da por el alto consumo de detergentes, jabones en actividades domiciliarias (Herrera, et al, 2010)

El agua del río Cutuchi que es transportada por el canal Latacunga-Salcedo-Ambato, exhibe una concentración promedio inicial de 2,81 mg/l de nitratos 1,46 mg/l de fosfato y DBO₅ 4.01 mg/l (LABIOTEC, 2019). La contaminación por compuestos nitrogenados se realiza de dos formas una puntual y otra dispersa, en primer caso se asocia a actividades de origen industrial, ganadero o urbano (vertido de residuos industriales, de aguas residuales urbanas o de efluentes orgánicos de las explotaciones ganaderas, y lixiviación de vertederos, entre otros), la principal causa de contaminación dispersa es por actividad agronómica (PÉREZ B., 2012).

Las importantes rutas de introducción de nitrógeno a las masas de agua son a través de aguas residuales industriales o municipales, por tanques sépticos o descargas de corrales ganaderos, residuos animales y también por las descargas de la emisión de gases de vehículos (Cárdenas, et al., 2013).

Las principales fuentes de contaminación con fosfato en las aguas naturales son los detergentes utilizados en la industria y los fertilizantes procedentes de la agricultura. Hoy en día es cada vez mayor el uso de estos últimos, por lo que debe haber un mayor control con el fin de evitar la contaminación, ya que esto podría ocasionar el enriquecimiento excesivo del agua natural, conocido como eutrofización, lo cual produciría un crecimiento indeseable de algas y plantas acuáticas, afectando la calidad del agua (Mazari M., 2014).

8.5. Método alternativo de remediación

8.5.1. Fitorremediación

Es un proceso donde se utiliza para remover, reducir, transformar, mineralizar, degradar, volatilizar, estabilizar contaminantes. Se han identificado una amplia diversidad de especies que se emplean para este fin. Algunas de ellas, debido a su gran capacidad para acumular metales pesados, reciben el nombre de hiperacumuladoras. La fitorremediación es un conjunto de tecnologías que reducen in situ o ex situ la concentración de diversos compuestos a partir de procesos bioquímicos realizados por las plantas y microorganismos asociados a ellas. (Martínez et al., 2010)

8.5.2. Historia

El uso de los humedales construidos para el tratamiento de aguas residuales se inició en 1966 con los trabajos realizados por Kathe Seidel en el “Max Planck Institute” en Alemania, cuando ella encontró absorción y metabolización de nutrientes, sustancias orgánicas y tóxicas por parte de plantas (*Scirpus lacustris*). Años más tarde, Reinhold Kickuth (1981) desarrolló trabajos con esta tecnología incluyendo el concepto “Root zone method” con el uso de suelos de alto contenido de arcilla, lo cual ocasionó problemas hidráulicos y operacionales a los sistemas (Arias, 2017).

Entre los años 70 y 80’s el concepto de humedales construidos fue introducido en otros países como Australia, Dinamarca, Reino Unido, Estados Unidos y otros reportándose como el primer sistema piloto construido en América entre 1973-1976 (Bernal et al., 2007).

Algunas experiencias con islas flotantes se han evaluado en países como Alemania, Australia, Bélgica, China, Colombia, India, Italia, Nueva Zelanda, Reino Unido, Singapur, Sri Lanka, Tailandia, Turquía y Uganda (Ortega C., 2013).

8.6. Islas flotantes artificiales IFAs

Las Islas Flotantes Artificiales (IFA), denominadas en inglés “Floating Treatment Wetlands” (FTWs) El funcionamiento de las islas flotantes se desarrolla en una forma de humedales artificiales, presenta beneficios a la hora de ajustarse a distintos cuerpos hídricos. La profundidad no suele superar los 60 cm y su lecho sirve como sustento y soporte para plantas emergentes como pasto guinea, achira, vetiver, carrizos y juncos. (Romero L., 2017) La función principal de la vegetación es proporcionar superficies y soporte para la formación de películas bacterianas, facilitar la filtración y la absorción de componentes del agua residual a tratar y permitir la transferencia de oxígeno a la columna de agua en tratamiento. (Calero et al., 2012)

Las islas flotantes son populares por brindar una apropiada combinación de factores físicos, químicos y biológicos para la eliminación de microorganismos patógenos. Los procesos físicos incluyen los mecanismos de filtración, exhibición a la luz ultravioleta y la sedimentación. Los factores químicos engloban la oxidación junto con la exposición a sustancias biocidas excretadas por algunas plantas y la absorción por parte de la materia orgánica. Los mecanismos de eliminación biológica incluyen la antibiosis, la presencia de predadores como nematodos y protistas, ataque por bacterias líticas y muerte natural (Clairand et al., 2017).

Un esquema simple para la depuración de aguas residuales mediante las islas flotantes provee una mejora natural de la calidad del agua y mejoran el paisaje acuático con una colorida selección de especies vegetales autóctonas. Con una amplia diversidad de formas y de fácil instalación, ofrecen un proceso biológico de restauración del ecosistema acuático con una buena relación coste - eficacia con casi nulo mantenimiento. (Delgadillo O., 2010)

8.6.1. Aplicación de las IFAs

Las islas flotantes se han utilizado con éxito para una serie de aplicaciones hasta la fecha, tales como mejora de la calidad del agua, mejora del hábitat y propósitos estéticos en estanques ornamentales. En cuanto a la mejora de la calidad del agua, las principales aplicaciones reportadas hasta la fecha han sido para el tratamiento de:

- Aguas Lluvia
- Desbordamiento combinado de aguas pluviales y alcantarillado
- Aguas Residuales
- Efluente de basura

- Aguas residuales de procesamiento de aves de corral
- Depósitos de suministro de agua.

8.6.2. Ventajas de las Islas flotantes artificiales

Al profundizar la isla flotante, se incrementa el volumen efectivo del sistema de tratamiento (comparado con los sistemas de humedales convencionales), alargando así la cantidad de tiempo que el agua pasa dentro del sistema. Para muchos contaminantes, particularmente aquellos que implican reacciones químicas o biológicas dependientes del tiempo, el tiempo de retención juega un papel importante en la determinación del nivel de tratamiento. (Gonzales, 2006) En comparación con los estanques, las islas flotantes tienen la ventaja de la superficie adicional proporcionada por la malla flotante y la red de raíces para el establecimiento de microbios de crecimiento unidos (biofilms) que son responsables de muchos de los procesos de tratamiento deseables. (Lui & Lee, 2014) La capacidad de las islas flotantes para operar a mayores profundidades de agua que los humedales convencionales pueden significar que son capaces de lograr un nivel de tratamiento más alto por unidad de superficie (mayor eficiencia superficial) para ciertos contaminantes.

8.7. Estructura

Consiste de vegetación propia de los humedales, es una estructura que flota en la superficie de un cuerpo de agua parecido a un estanque. Los tallos de las plantas permanecen por encima del nivel del agua, mientras que sus raíces crecen a través de la estructura flotante y en la columna de agua. De esta manera, las plantas crecen de forma hidropónica, tomando su nutrición directamente de la columna de agua en ausencia de suelo. Debajo de la estera flotante, se forma una red colgante de raíces, rizomas y biofilms unidos. Esta red de biopelícula de raíz colgante proporciona una superficie biológicamente activa para procesos bioquímicos, así como procesos físicos tales como filtración y atrapamiento. Por lo tanto, un objetivo de diseño general es maximizar el contacto entre la red de biopelícula de raíz y el agua contaminada que pasa a través del sistema.

Figura 2. Matriz flotante

Fuente: (García Javier & Tiche José, J, 2019)

8.7.1. Funcionamiento

Matriz flotante. - La flotabilidad, puede ser provista en las estructuras de las IFAs por tubos de polivinilo o polipropileno sellados, láminas de poliestireno, bambú y almohadillas de vinilo inflables. El medio de crecimiento de las plantas tiene que ser seleccionado con precaución para favorecer el desarrollo de las raíces, así como su colonización por biopelículas (Fonseca & Clairand, 2017). Para ello es recomendable rellenar la estructura interna con fibras naturales como las de coco, caña de bambú, caña y paja de cebada o con polímeros sintéticos.

Figura 3. Fibra de coco.

Elaborado por: (García Javier & Tiche José, 2019)

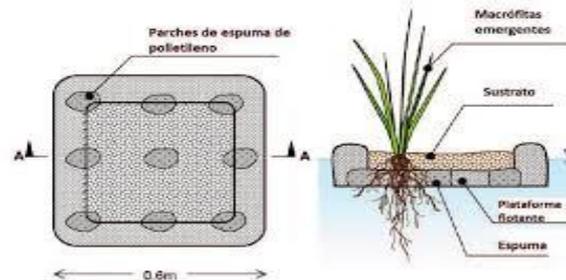
El sustrato brinda soporte, estabilidad y supone un lecho de cultivo que permite el crecimiento de macrófitas y gramíneas, además funciona como aislante para preservar el desarrollo de los tallos y evita problemas de enfermedades y plagas.

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

8.7.2. Tratamiento de contaminantes en la rizosfera

- Los mecanismos involucrados en la eliminación de los principales contaminantes presentes en las aguas residuales urbanas, mediante el empleo de islas flotantes son:
- Eliminación de sólidos en suspensión mediante procesos de sedimentación, floculación y filtración.
- Las bacterias aerobias que habitan en las biopelículas descomponen la materia orgánica en bio gas CO_2 , H_2 , H_2S , y digestato en caso de nitrógeno y fósforo.
- Eliminación de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, principalmente mediante mecanismos de nitrificación – desnitrificación, bio absorción y precipitación.
- Eliminación de patógenos mediante adsorción, filtración o depredación.
- Bioacumulación metales pesados como cadmio, manganeso zinc, cobre, cromo, mercurio, selenio, plomo, etc.

Figura 4. Funcionamiento del Sistem IFA.



Fuente: (Martelo & Lara, 2012)

8.8. Características biológicas de las aguas residuales urbanas

El componente orgánico de las aguas residuales puede ser considerado como un medio de cultivo que permite el desarrollo de los microorganismos que cierran los ciclos biogeoquímicos de elementos como el carbono, el nitrógeno, el fósforo o el azufre. Los organismos que principalmente se encuentran en las aguas residuales urbanas son: algas, mohos, bacterias, virus, flagelados, ciliados, rotíferos, nematodos, anélidos, larvas, etc.

8.9. IFAs en Ecuador

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

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

8.10. Las especies achira (*Canna indica*)

8.10.1. Información taxonómica

Tabla 3. Información taxonómica

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

Fuente: (CABI, 2016). – Modificado por los autores

8.10.2. Morfología

La achira corresponde a la familia Cannaceae, es una hierba robusta que crece sobre todo en lugares húmedos, como zanjas y canales de riego. La achira es de origen Sudamericano, hallazgos arqueológicos en el Perú demuestran que su cultivo data de 2 500 años A.C. (Cenzano E., 2010). Los Incas la cultivaron hace once siglos. Se especula que Colombia sería el centro de dispersión. La achira existe en toda la América tropical; es cultivada en Brasil, Perú, Bolivia, India, Asia, Polinesia, y Africa. En Colombia es cultivada con fines comerciales en el oriente de Cundinamarca (Provincia de Cáuqueza), en Nariño, Cauca y en el departamento del Huila en los municipios de Isnos, San Agustín, Gigante, Tarqui, Altamira, Suaza y La Plata (Caicedo, 2011)

Muestra las siguientes características generales: Rizomas abundantes, esféricos, cilíndricos o en forma de trompo, miden de 5 a 20 cm de largo por 3 a 12 cm de ancho. En su faceta presentan surcos transversales que marcan la base de las escamas que los cubren; de la parte inferior del rizoma salen generalmente las raicillas blancas y cilíndricas y del ápice el pseudotallo, las hojas y el vástago floral.

Los tallos son de 0.40 a 2.5 metros de altura, están cubiertos por las vainas envolventes de las hojas; los peciolos son generalmente oblongos, ovals, oblongo elípticos de 0 a 70 cm de largo y de 5 a 30 cm de ancho. Las flores tienen racimos laxos, simples o bifurcados de color amarillo,

rojo; son rojas por dentro y por fuera anaranjadas. Los frutos son cápsulas de tres celdas con semillas esféricas de color negro. (Caicedo, 2011)

Es una de las raíces más robustas; crece en una amplia variedad de climas y en suelos donde otros rizomas no podrían desarrollarse, tienen pocos problemas con enfermedades y plagas, es fácil de propagar y generalmente es plantada en surcos que ayudan a retener la humedad. Los rizomas tienden a emerger a la superficie (geotropismo positivo) y son cosechados en la misma forma que la papa.(Caicedo, 2011)

8.10.3. Fenología

Germinación/brotamiento y emergencia

La achira es una especie que puede propagarse semilla asexual o vegetativamente por rizomas o cormos, esta última técnica es la más utilizada por los agricultores por ser más eficiente, es decir, es más rápida (Andrade M., 2012). La achira es un tipo de planta de las más robustas de todas las raíces cultivables, crecen y se desarrollan bien en una gran variedad de climas y suelos y tiene ínfimos problemas relacionados con enfermedades y plagas.

Crecimiento.

A partir de un rizoma- semilla se puede diferenciar tres etapas (Förstner., et al. 2011).

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

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

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

Floración/fructificación

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

Latencia/dormancia

En Colombia y en países de América del Sur la latencia de *Canna indica* se efectúa en los meses de octubre y noviembre respectivamente, ya que en estos meses es donde hay más lluvias (Vaughan et al., 2013).

Clima

La achira se puede cultivar desde el nivel del mar hasta los 2 700 msnm. En el Huila se han obtenido rendimientos óptimos entre los 800 y 1 850 msnm, donde se desarrolla la investigación. Requiere temperaturas tropicales, áreas libres de heladas durante el periodo de maduración de los rizomas. Los máximos rendimientos son obtenidos donde los días y las noches son medio cálidos con períodos cortos de variación de temperatura. En términos generales se desarrolla desde los 9 hasta los 30 a 32 °C. (Caicedo, 2011)

Luminosidad

La achira es una planta de fotoperiodo neutro, es decir, no es afectada por las longitudes de las horas luz o de oscuridad (León et al., 2013)

Agua

De manera general se puede afirmar que el cultivo de achira no se riega artificialmente, debido a que en las regiones se siembra esta especie caen más de 1300 mm de lluvia por año. En cultivos tecnificados es necesario utilizar riegos suplementarios si se presentan periodos secos, principalmente en la fase inicial de desarrollo del cultivo. (Rodríguez et al., 2003)

8.11. Información taxonómica pasto guinea (*Panicum maximum*)

Tabla 4. Información taxonómica

Reino	Plantae
Phylum	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Cyperales
Familia	Poaceae
Género	Panicum
Especie	Panicum máximum

Fuente: (Jacq, 1998).

Elaborado por: García Javier & Tiche José, 2019

8.11.1. Morfología

Este tipo de 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 (Alarcón et al., 2009)

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

8.11.2. Fenología

Germinación y brote

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

El sistema radicular es abundante y profundo y se podría decir que tiene su formación completa cuando la planta semilla por primera durante el cuarto mes. (León, 2017).

Crecimiento

A partir de la germinación inicia el proceso de crecimiento que durante el primer mes de crecimiento y maduración fisiológica de realiza un corte de igualación por encima de los nudos, en un estudio realizado por (Cárdenas et al., 2010), El crecimiento del pasto *Panicum maximum* vc Mombaza en la Amazonía Ecuatoriana, se puede observar una tasa de crecimiento absoluto y desarrollo de las estructuras morfológicas del pasto, en condiciones de ecosistemas amazónicos para los factores estudiados de edad y altura, donde se observó que existe un crecimiento acelerado hasta los 40 días a razón de 2.5 cm por día.

Floración

La floración de *Panicum Maximum*, presenta dos floraciones al año, una entre mayo a junio, y la otra entre septiembre a octubre. Es buena productora de semilla gámica como vegetativa; produce abundantes espiguillas (Calderón, 2007)

En Colombia, encontró que las espiguillas maduran 32 días antes de la antesis, por otra parte, en Filipinas la floración tarda alrededor de 80 minutos. (Alarcon et al., 2009)

Panicum maximum, es una planta apomictica, facultativa y pseudogamica con un 2 o 3 % de reproducción sexual, la que efectúa por polinización cruzada o autopolinización y esta estimación se mantiene en la progenie de las plantas sexuales (Combes y Pernés, 2010)

Condiciones Climaticas

De acuerdo con la descripción de la FAO, las regiones tropicales y subtropicales es donde esta especie se ha desarrollado de manera favorable, las precipitaciones de estas áreas son de 1000 a 1800mm anuales, la planta puede desarrollarse entre los pisos altitudinales de 1000 hasta el 1600 msnm. 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,

8.11.3. Pasto guinea nitratos y fosfatos

La eficiencia de remoción de nitratos (NO₂) y nitritos (NO₃) en aguas contaminadas se evidencia en un estudio sobre la Fito depuración de aguas residuales domésticas con poaceas, en el Municipio de Popayán, Colombia. En donde se emplean humedales artificiales con especies vegetativas *Panicum maximum*, obteniendo porcentajes de remoción de -60,12 % para el NO₂ y -5.39% para el NO₃., siendo sus concentraciones iniciales de 0.24mg/l y 0.25mg/l respectivamente. (Silva, 2019)

8.11.4. Biopelículas

Las películas microbianas son comunidades formadas principalmente por bacterias, en las que también se pueden encontrar fagos, virus y protozoarios depredadores. Al adherirse a una superficie viva o inerte constituyen una biopelícula. (Maurilio, 2010)

Los microorganismos juegan un rol vital en la transformación de elementos trazas incluidas los metales ya que influyen su biodisponibilidad y remediación, pueden alterar la toxicidad, solubilidad en agua y la movilidad del elemento. El porcentaje de remoción es superior a la reportada con métodos fisicoquímicos convencionales (Gersberg et al, 2005).

9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS

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

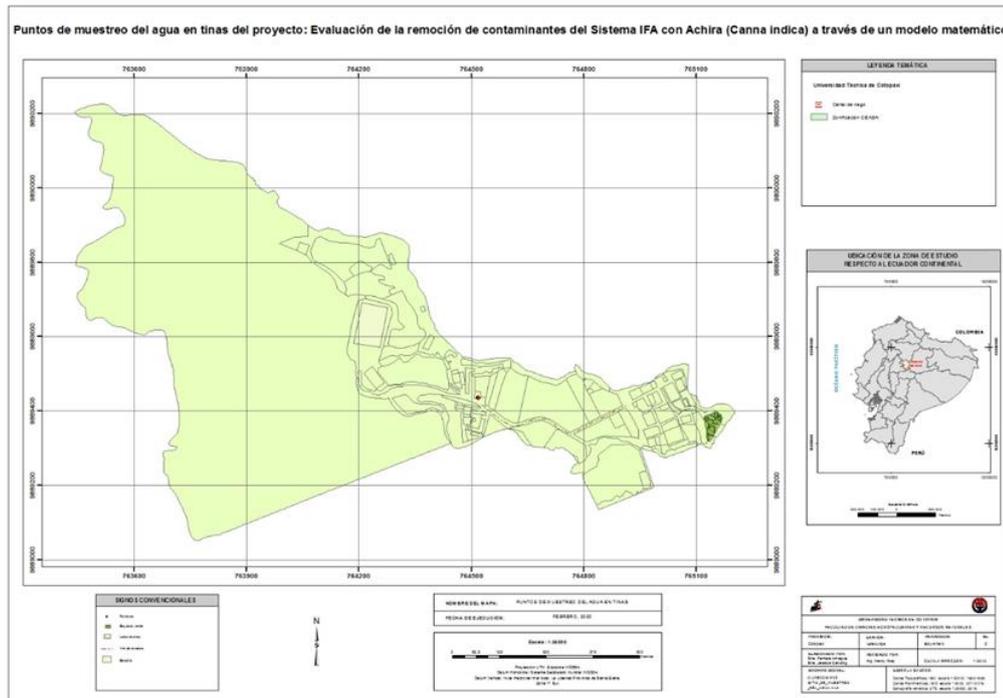
A través de un modelo matemático se pudo obtener una ecuación estadística que permite saber la relación entre el tiempo de crecimiento de las especies con relación al porcentaje de reducción de contaminantes.

10. METODOLOGÍA / DISEÑO EXPERIMENTAL

10.1. Área de estudio

El presente proyecto, se realizó en la Universidad Técnica de Cotopaxi, parroquia Eloy Alfaro, perteneciente al cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi. Para la presente investigación se seleccionó tres tramos diferentes dentro del canal de riego presente en el área de estudio (Figura 5).

Figura 5. Sitio de muestreo y ubicación del ensayo



Elaborador por: García Javier & Tiche José, 2019

10.2. Sitio de recolección de agua

La toma de muestra se realizó en canal de agua SALCEDO-AMBATO; TRAMO CEASA UTC, PERIODO “2019-2020” en tres tramos diferentes, a una altura de 2398 msnm. (Tabla 5)

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

Punto	Coordenadas Universal Transversal de Mercator –WGS 84, Zona 17S		DBO ₅	PO ₄	NO ₃	pH
	X	Y				
1	764468	9889548	4,02	1,32	3	7,5
2	764466	9889549	3,37	1,4	2,96	7,5
3	764464	9889550	4,32	1,67	2,48	7,5

Fuente: (LABIOTEC, 2019) – Modificado por los autores

10.3. Ubicación del ensayo (tinajas)

El estudio se realizó en 3 tinajas de material reciclado de polietileno, las que se encuentran dentro de las instalaciones del campus CEYPSA, adaptadas en un invernadero de 5x5x2.50 en la parte alta de los laboratorios de la Universidad. Los análisis químicos iniciales tomados del canal de riego, determino que el punto 3 (Figura 5) se encuentra con un mayor porcentaje de contaminantes.

10.4. Construcción de la matriz flotante

- Se realizaron los cortes de tubos de pvc a 32 cm cada uno en total 4, sellando las uniones mediante codos con pega de tubo.
- La estructura se secó y se procedió con la fijación de la malla de soporte que debe medir 42cm en todos sus lados.
- Finalmente se utilizó ocho correas de PVC para asegurar la malla al marco y se retira los excesos de materiales que sobresalgan de la matriz.
- La matriz flotante tiene un área de 0,256 m² y un perímetro 1,28 m (Figura 6).

Figura 6. Matriz flotante



Elaborado por: García Javier & Tiche José, 2019

10.5. Implementación de sustrato

10.5.1. Aplicación del sustrato en el sistema

- El humus utilizado no requiere de un proceso de elaboración por lo que se puede adquirir en cualquier centro de venta de insumos agrícolas.
- La roca pumina fue adquirida dentro de las mismas instalaciones del campus, en las montañas cercanas y triturada a partes más pequeñas para un mejor funcionamiento
- La fibra de coco fue extraída en hilachas de la corteza para su correcta utilización paso por un proceso de lavado con sal y abundante agua y finalmente secada en una estufa a 120°C.

Los tres sustratos son colocados de manera ordenada en la matriz flotante, son dispuestos en función de la morfología de las especies vegetativas que se detalla en la tabla 7.

Tabla 6. Proporciones del sustrato en la matriz flotante

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

Elaborado por: García Javier & Tiche José, (2019)

10.6. Adecuación del cuerpo hídrico

El agua tomada del punto de muestreo del canal Salcedo – Ambato, de igual manera las IFAs se colocaron en tres tinajas circulares con características similares:

- Capacidad de 120lts
- Medidas: diámetro 68.6 cm, una altura de 40.5 cm y de 0.01m de espesor

- Sistema aireador por medio de bombas de aire oxigenado compresor 5W

10.7. Adaptación de las especies vegetativas al sistema

Las especies achira (*Canna indica*) y pasto guinea (*Panicum máximum*) fueron transplantadas a la matriz flotante, proceso que se detalla a continuación

Tabla 7. Trasplante, siembra y adaptación de las especies vegetales

Espece	Trasplante/siembra	Adaptación
Achira, <i>Canna indica</i>	Las plantas fueron trasladadas y se colocaron en una cubeta de medio húmedo con abono orgánico 7 días antes de la etapa de adaptación. (28 de junio del 2019). Se seleccionaron 4 plantas que mostraron mejores condiciones morfológicas y fueron transplantadas en los extremos de las matrices flotantes.	Una vez constituido las estructuras flotantes con las especies vegetativas, fueron instaladas en las tinas, el periodo de adaptación fue de 30 días, y a partir de ahí se inició con el primer análisis.
Pasto guinea, <i>Panicum maximum</i>	En la base de la matriz flotante se aplicó una capa de pumina y una segunda capa de humus húmedo, y se esparció la semilla de pasto al voleo. Se cubrió con una capa de 1.cm de humus, semi-húmedo.	Es proceso de adaptación se tuvo algunos inconvenientes por parte de la planta al ser una especie de clima cálido húmedo su adaptación fue complicada

Elaborado por: García Javier & Tiche José, (2019)

10.8. Protocolo de toma de muestras (INEN 2169) LABIOTEC

- **Llenado del recipiente**

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

- **Refrigeración de las muestras**

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

- **Transporte de las muestras**

Los recipientes que contienen las muestras deben ser protegidos y sellados de manera que no se deterioren o se pierda cualquier parte de ellos durante el transporte. El empaque debe proteger los recipientes de la posible contaminación externa y de la rotura, especialmente de la cercana al cuello y no deben ser causa de contaminación.

- **Recepción de las muestras en el laboratorio**

Las muestras deben, si su análisis no es posible inmediatamente, ser conservadas bajo condiciones que eviten cualquier contaminación externa y que prevengan cambios en su contenido (LABIOTEC, 2019)

- **Rotulado**

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

Figura 7. Etiqueta

<i>Coordenadas:</i>
<i>Ubicación</i>
<i>Nombre</i>
<i>Número de muestras</i>
<i>Hora de toma de muestra</i>
<i>Observaciones</i>

Elaborado por: García Javier & Tiche José, (2019)

10.8.1. Protocolo de muestreo de acuerdo con las especificaciones de LABIOTEC

Tabla 8. Requerimiento para la toma de la muestra

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

Fuente: LABIOTEC, 2019 – Modificado por los autores

El protocolo es necesario seguirlo debido a la distancia en la que se receptaron las muestras, por ello, se tenían que mantener condiciones adecuadas para que los resultados del laboratorio no se lleguen a alterar.

10.9. Determinación del porcentaje de remoción

Para determinar la eficiencia del sistema de islas flotantes artificiales con las especies, se analizan los datos y resultados de las concentraciones de NO_3 , PO_4 y DBO_5 obtenidos en cada tina, aplicando la siguiente ecuación del porcentaje de remoción.

Ecuación 1. Porcentaje de remoción

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

Fuente: (Palta & Morales, 2014)

Donde:

- $\%R_N$ = Porcentaje de remoción del contaminante
- C_0 = Valor de concentración del parámetro inicial
- C_1 = Valor de concentración del parámetro final

10.10. Correlación entre el crecimiento de la planta (radicular y aéreo) con los contaminantes

Se determinó las correlaciones entre el crecimiento radicular y aéreo con los parámetros DBO_5 y pH y los nutrientes nitratos y fosfatos. Para lo cual, se realizó una correlación múltiple entre el DBO_5 y el pH, mismas que sirvieron para representar una ecuación lineal, determinando el cambio de alcalinidad del agua con relación a la demanda bioquímica de oxígeno y el promedio del porcentaje de remoción (en decimales) de los nitratos y fosfatos.

Ecuación 2. Correlación Spearman

$$r_s = 1 - \frac{6\sum d^2}{n(n^2 - 1)}$$

Fuente: (Orlando Suarez, 2012)

Donde:

- r_s = Coeficiente de correlación de Spearman
- d = Diferencia entre los rangos (x menos y)
- n = Número de datos

10.11. Modelo de regresión lineal simple

RStudio nos permite tener un entorno de desarrollo integrado, utilizado como una herramienta para el trazado y depuración dentro de nuestro sistema IFA, donde se utilizó la variable de tiempo (días) en el que se desarrolla las especies achira (*Canna indica*) y pasto guinea (*Panicum máximum*) hasta la floración y los promedios de los resultados de los análisis obtenidos por el laboratorio (decimales).

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

11.1. Siembra y adaptación del pasto guinea (*Panicum máximum*) y achira (*Canna indica*)

La primera etapa para la especie de pasto guinea fue de 16 días, tomando como fecha de siembra el 12 de junio del 2019 (Figura 8) hasta el 28 de junio del 2019, dando como resultado un follaje de 2cm.

Figura 8. Siembra y primeros brotes



Elaborado por: García Javier & Tiche José, (2019)

Con la Achira se preparó los colinos (Figura 9), esto en la etapa de cosecha se preparan los hijuelos y se les realizó cortes en el tallo de la planta madre. Estos hijuelos tienen “ojos”, a partir de los cuales se desarrollan los rizomas, el corte fue superficial y los tallos para la siembra tenían una medida de entre 25cm y 30cm de longitud (Figura 10). Estos hijuelos se los dejó en agua hasta que la parte del ojo comience a presentar rizomas, dando así el indicio que se encuentra listo para la siguiente etapa (adaptación).

Figura 9. Preparación de colinos

Elaborado por: García Javier & Tiche José, (2019)

Figura 10. Transplante de achira al sistema.

Elaborado por: García Javier & Tiche José, (2019)

Luego de la germinación del pasto guinea *Panicum Maximum* se la preparó para su adaptación junto a la achira en un periodo de 30 días mismas que presentaron un tamaño aproximado de 15 cm tomando en cuenta su medida de crecimiento desde el 28 de junio del 2019 hasta el 30 de julio del mismo año, quedando así listos para la siguiente etapa (desarrollo).

Hay que tomar en cuenta que la achira por ser adaptada mediante hijuelos a sus 20 cm de crecimiento foliar, se la incorporó primero en el sistema IFAs; quedando así, un lapso de 15 días de pre-adaptación y que para la fecha del 28 de junio la achira ya presentaba una adaptación exitosa en el sistema y con una altura de 23 cm de crecimiento foliar (Figuras 11).

Figura 11. Sistema IFA.

Elaborado por: García Javier & Tiche José, (2019)

11.2. Desarrollo foliar (*Canna indica* y *Panicum maximum*.)

Desde la fecha del 30 de julio del 2019 al 10 de septiembre del mismo año constituyeron la etapa de desarrollo foliar teniendo como resultado un crecimiento de 15 cm a una altura de 36 cm de crecimiento aproximado de *Panicum máximo*, y de *Canna indica* se registró en 28cm, todo esto en un lapso de 1mes y 12 días.

Figura 12. Desarrollo de las especies en el sistema



Elaborado por: García Javier & Tiche José, (2019)

11.3. Desarrollo del Rizoma

Desde la fecha de primera adaptación del sistema radicular (30/07/2019) hasta su etapa de desarrollo (24 de octubre del 2019), misma que tuvo un incremento promedio de 26.4 cm de crecimiento radicular de ambas plantas, quedando así listas para la etapa de fitorremediación del sistema.

Figura 13. Desarrollo y crecimiento del rizoma



Elaborado por: García Javier & Tiche José, (2019)

Luego de 44 días de desarrollo foliar y del rizoma de las plantas en el sistema, se propuso iniciar con los monitoreos del canal donde se tomará el agua para llevarlos al sistema, tomando como fecha base el 14 de noviembre del 2019 resultados que fueron proporcionados en un lapso de 15 días por LABIOTEC.

Tabla 9. Desarrollo Foliar y del Rizoma

N° TINA	FECHA	MATRIZ CRECIMIENTO ACHIRA - PASTO GUINEA		MATRIZ RAÍZ ACHIRA - PASTO GUINEA	
		ACHIRA	PASTO	ACHIRA	PASTO
1	24/10/2019	24,3	17,6	14,5	10,5
2	24/10/2019	26,4	21,2	31,5	21,5
3	24/10/2019	25,2	19	11,5	23,5
1	14/11/2019	42,5	54,6	25	21
2	14/11/2019	39,15	82,1	42	32
3	14/11/2019	41,6	66,6	22	34
1	05/12/2019	49,5	61,7	38	28
2	05/12/2019	46,7	101,1	51	43
3	05/12/2019	49,1	88,6	32	40
1	26/12/2019	60	85	46	38
2	26/12/2019	54	1,43	63	53
3	26/12/2019	59	1,12	43	51

Fuente: García Javier & Tiche José, (2019)

11.4. Concentración de los parámetros evaluados del agua procedente del río Cutuchi.

Con fecha del 24 de octubre del 2019 se inician los protocolos de muestreo para la recolección del agua en el canal, en el mismo que se determinó tres puntos en las siguientes coordenadas y obteniendo concentraciones iniciales o muestras base (Figura 14):

Tabla 10. Puntos de muestreo canal Salcedo – Ambato

Identificación	Coordenadas	Hora de toma de muestra	Lugar de muestreo	Fecha de Muestreo	Parámetros				Temperatura
					DBO ₅ mg/l	PO ₄ mg/l	NO ₃ mg/l	pH un.pH	Agua °C
P1	998611	12:00	Canal Salcedo – Ambato	24/10/2019	0,04	324,00	11,38	7,8	14,7
	786239								
P2	998332				2,25	129,6	179,2	7,9	14
	786236								
P3	997899				2,3	307,3	1,0	7,4	14,3
	786233								

Fuente: LABIOTEC – Modificado por el autor

Figura 14. Canal Salcedo - Ambato



Elaborado por: García Javier & Tiche José

Figura 15. Punto 1 de muestreo del canal Salcedo - Ambato



Elaborado por: García Javier & Tiche José, (2019)

Figura 16. Punto 2 de muestreo del canal Salcedo - Ambato



Elaborado por: García Javier & Tiche José, (2019)

Figura 17. Punto 2 de muestreo del canal Salcedo - Ambato



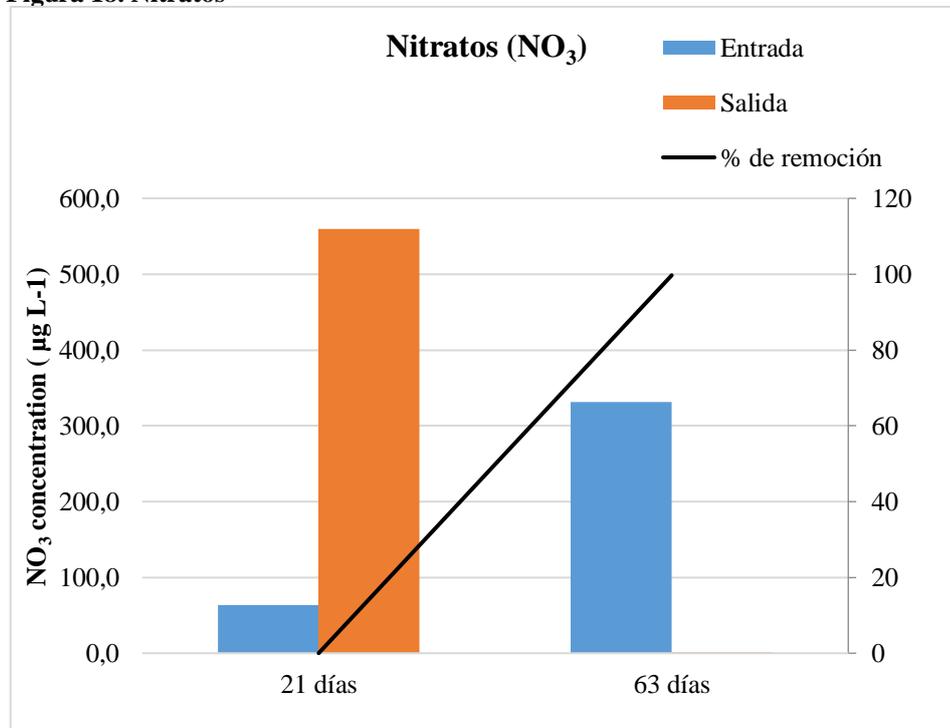
Elaborado por: García Javier & Tiche José, (2019)

La tabla 10 se denota que las concentraciones de Nitratos y Fosfatos se encuentran en niveles muy altos de contaminación para un canal de agua, siendo este un riesgo a la salud humana y no apta para el uso y aprovechamiento de este recurso. Por ello se ha visto la necesidad de utilizar el sistema IFAs para la remediación de aguas procedentes de actividades industriales, domésticas y agrícolas.

11.5. Porcentaje de remoción de Nitratos y Fosfatos.

11.5.1. Resultados de Nitratos: porcentaje de remoción a los 21 y 63 días

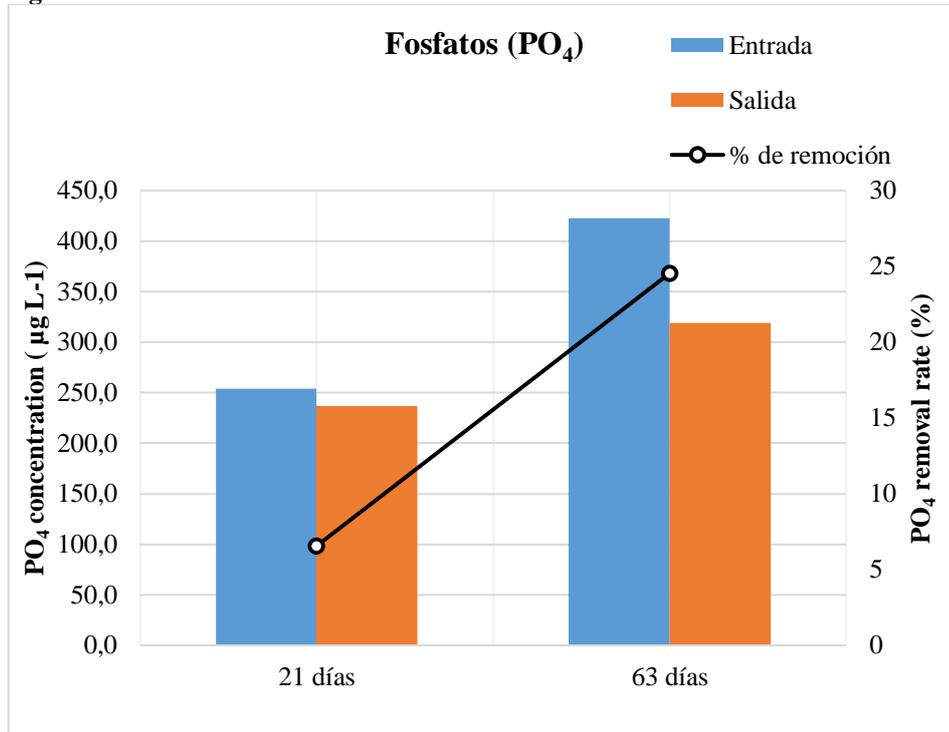
Figura 18. Nitratos



Elaborado por: García Javier & Tiche José, (2019)

11.5.2. Resultados de Fosfatos: porcentaje de remoción a los 21 y 63 días

Figura 19. Fosfatos



Elaborado por: García Javier & Tiche José, (2019)

11.5.3. Análisis

Para determinar el porcentaje de remoción de contaminantes partimos desde la ecuación 1, misma que no proporcionó los siguientes resultados

Tabla 11. Resultados de Porcentaje de reducción

	Parámetros	
	PO ₄	NO ₃
% en 21 días	6.6	0
% en 63 días	24.5	99.7

Elaborado por: García Javier & Tiche José, (2019)

Después de 63 días los parámetros evaluados tienen una disminución notoria de concentración de contaminantes en el agua, dejando así en claro que el sistema es apto para la reducción y una posible remediación del agua contaminada, siempre y cuando se tome en cuenta una correlación directa entre el tiempo en que la planta pasa en el sistema y el porcentaje de remoción de contaminantes.

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

11.6.1. Correlación crecimiento radicular – Contaminante

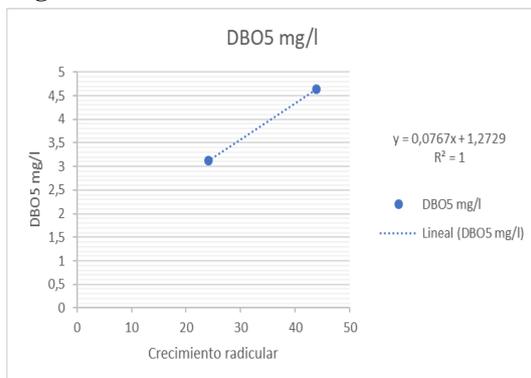
Para la relación entre el crecimiento de la raíz y la remoción de contaminantes, se determinó el coeficiente de relación entre el crecimiento y la remoción de cada contaminante, obteniéndose a partir de la ecuación 2.

Tabla 12. Crecimiento radicular y parámetros contaminantes

Fechas	Etapas	Crecimiento raíz	DBO ₅ mg/l	PO ₄ %	NO ₃ %	pH un.pH
14/11/2019	1ra E.	24,08	3,12	6,6	0,0	7,15
26/12/2019	2da E.	43,83	4,635	24,5	99,7	6,75

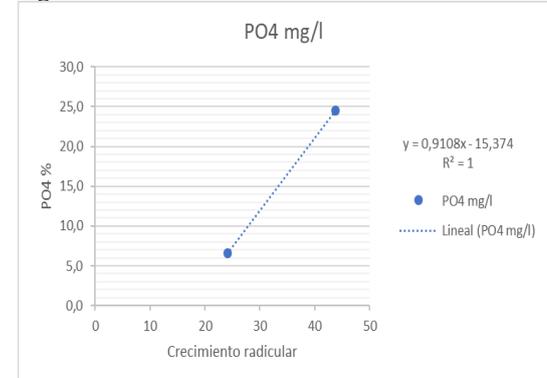
Elaborado por: García Javier & Tiche José, (2019)

Figura 20. Correlación con DBO₅



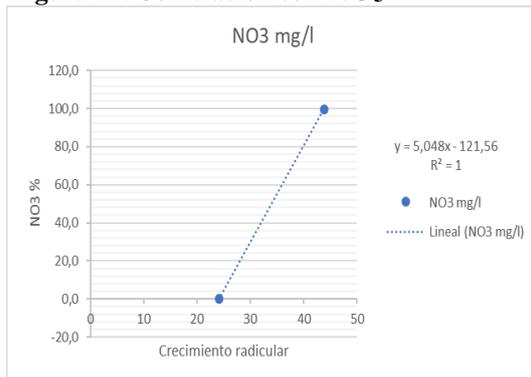
Elaborado por: García Javier & Tiche José, (2019)

Figura 21. Correlación con PO₄%



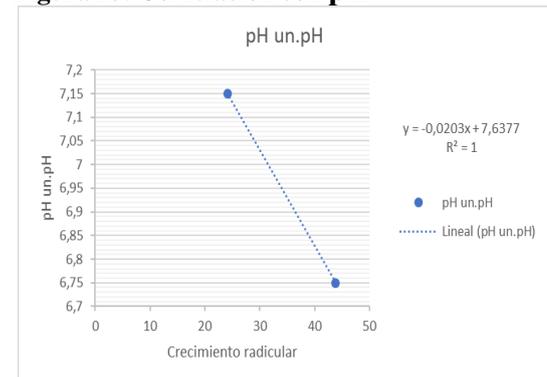
Elaborado por: García Javier & Tiche José, (2019)

Figura 22. Correlación con NO₃



Elaborado por: García Javier & Tiche José, (2019)

Figura 23. Correlación con pH



Elaborado por: García Javier & Tiche José, (2019)

NO₃ y PO₄: Su correlación es directamente proporcional al crecimiento radicular, es decir, que si su crecimiento radicular aumenta el porcentaje de remoción de contaminantes también va a aumentar.

DBO₅: El aumento se debe a que los microorganismos se encuentran en su fase máxima, ya sea por condiciones ideales para los microorganismos, esto debido a que en esta fase las bacterias

están convirtiendo el Amonio en Nitratos, por ende, al inicio del ensayo la concentración de DBO_5 aumenta.

pH: Tenemos una relación inversamente proporcional al crecimiento de la raíz, esto quiere decir que mientras más crece la raíz, el pH tiende a disminuir.

11.6.2. Crecimiento aéreo – Contaminante

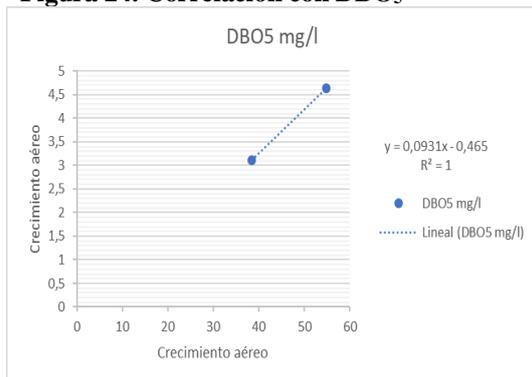
Para la relación entre el crecimiento de la raíz y la remoción de contaminantes, se determinó el coeficiente de relación entre el crecimiento y la remoción de cada contaminante, obteniéndose a partir de la ecuación 2.

Tabla 13. Crecimiento radicular y parámetros contaminantes

Fechas	Etapas	Crecimiento aéreo	DBO_5 mg/l	PO_4 %	NO_3 %	pH un.pH
14/11/2019	1ra E.	38,5	3,12	6,6	0,0	7,15
26/12/2019	2da E.	54,77	4,635	24,5	99,7	6,75

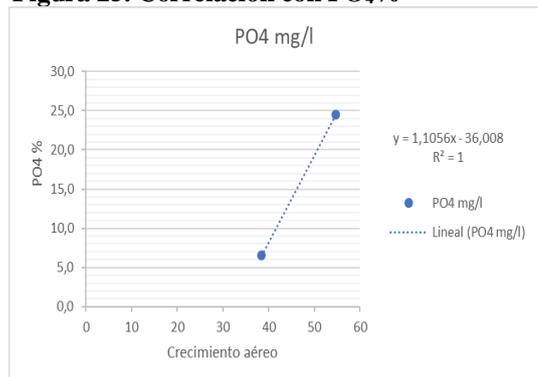
Elaborado por: García Javier & Tiche José, (2019)

Figura 24. Correlación con DBO_5



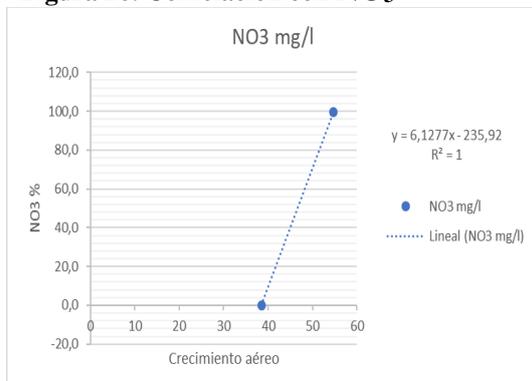
Elaborado por: García Javier & Tiche José, (2019)

Figura 25. Correlación con PO_4 %



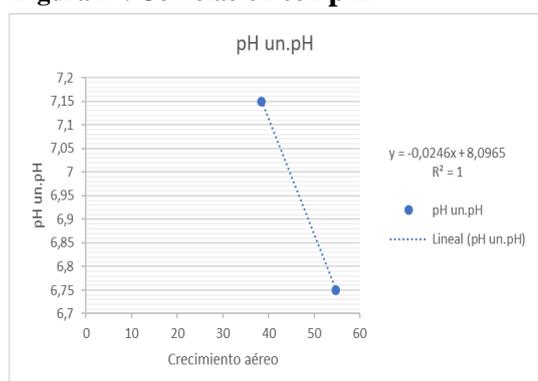
Elaborado por: García Javier & Tiche José, (2019)

Figura 26. Correlación con NO_3



Elaborado por: García Javier & Tiche José, (2019)

Figura 27. Correlación con pH



Elaborado por: García Javier & Tiche José, (2019)

La correlación entre crecimiento aéreo del radicular con los contaminantes no difiere significativamente, por lo que se podría afirmar que su desarrollo es directamente proporcional

a la remoción de contaminantes, volviendo así su medio ácido y menorando la cantidad de microorganismos presentes en el cuerpo de agua.

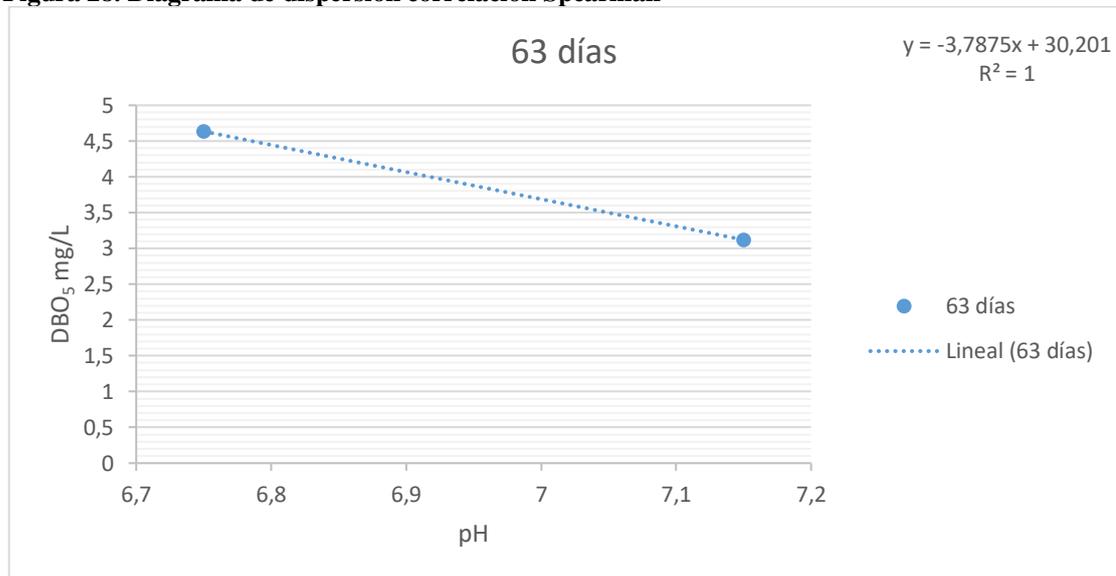
11.7. Coeficiente correlación DBO₅ y pH

Tabla 14. Monitoreos

Fechas	Parámetros – valores promedio	
	DBO ₅ mg/l	pH
14/11/2019	3,12	7,15
26/11/2019	4,64	6,75

Fuente: LABIOTEC – Modificado por los autores

Figura 28. Diagrama de dispersión correlación Spearman



Elaborado por: García Javier & Tiche José, (2019)

Como se observa en el diagrama de dispersión (Figura 28), se representa al eje “x” (pH) y al eje “y” (DBO₅), la línea de tendencia baja en relación a las dos variables denominándose como línea de tendencia negativa, esto indica que, si la concentración de DBO₅ aumenta, el parámetro pH disminuye en el sistema, esto en promedio a todos los puntos muestreados y representados en el diagrama de dispersión.

11.8. Modelo regresión lineal simple

Tabla 15. Coeficiente de correlación con la variable tiempo - contaminantes.

	Tiempo	NO ₃ mg/l	PO ₄ mg/l	DBO ₅ mg/l	pH un.pH
Tiempo	1	1	1	1	-1
NO ₃ mg/l	1	1	1	1	-1
PO ₄ mg/l	1	1	1	1	-1
DBO ₅ mg/l	1	1	1	1	-1
pH un.pH	-1	-1	-1	-1	1

Fuente: RStudio – Modificado por los autores

Coefficiente de correlación obtenido en el programa RStudio, señala que su correlación es totalmente directa y funcional a los estudios que se están realizando, sin embargo, como se observa el pH, tiende a ser inversamente proporcional al resto de parámetros, esto debido a que el pH tiene de disminuir en el cuerpo de agua, teniendo así, un cuerpo de agua con concentración ácida.

11.8.1. Fórmula para Nitratos en relación al tiempo

Ecuación 3. Porcentaje de remoción de NO₃.

$$N = 0.02357(t) - 0.49500$$

Fuente: RStudio – Modificado por los autores

Con la fórmula establecida, se verifica que el sistema a los 21 días de evaluación estaría eliminando un 0,1% de Nitratos presentes en el sistema, de igual manera en la segunda etapa de monitoreo que fue a los 63 días se tuvo un porcentaje de 99,7%

Fórmula para Fosfatos en relación al tiempo

Ecuación 4. Porcentaje de remoción de PO₄.

$$P = 0.004286(t) - 0.03$$

Fuente: RStudio – Modificado por los autores

En cuanto a la fórmula del PO₄ en 10 días presenta apenas un 1% de reducción del contaminante mediante el sistema IFAs, determinando que, es apto para la absorción de PO₄. Tomando en comparación de los 63 días, se obtuvo un porcentaje de remoción de apenas un 24%.

11.9. Discusión de resultados

Borja en el 2011, determina que las aguas residuales domésticas están constituidas con un elevado porcentaje en peso, cerca de 99.9% y apenas un 0.1% de sólidos suspendidos, coloidales y disueltos, misma que nos representó grandes problemas en el tratamiento de las muestras de agua, teniendo así un aumento considerable en el primer muestreo de los resultados de laboratorio.

EPA en el 2000, establece que los principales contaminantes contenidos en aguas residuales se pueden agrupar en eutrofizantes (nitrógeno y fósforo), organismos patógenos, metales pesados y trazas orgánicas siendo los eutrofizantes los principales parámetros analizados en nuestro sistema IFAs.

Los parámetros analizados en el sistema fueron DBO₅, Nitratos, Fosfatos y pH, quienes están dentro de los principales parámetros que permiten cuantificar los contaminantes de las aguas provenientes de las actividades industriales, antrópicas y agrícolas según Brito et al., en el 2018.

El tratamiento de las aguas residuales o contaminadas provenientes de toda actividad antrópica para ser devueltas en las mismas condiciones o mejorarlas tiene que cumplir con tres tipos de tratamiento según Brito et al., en el 2018. Pero con el presente proyecto se ha determinado una disminución abismal de contaminantes en un lapso de 21 días desde el primer muestreo. Dejando a consideración que las condiciones iniciales se diferencian de las finales por intervención del sistema.

Para el correcto control de crecimiento del desarrollo de las especies, se realizó mediciones periódicas de la parte aérea de la planta desde el cuello de la raíz hasta la hoja más representativa según la metodología propuesta por (Pérez, B., 2012) el promedio de crecimiento en altura de la especie *Canna indica* es de 42,97 cm y de *Panicum maximum* fue de 50cm

Con respecto a la tabla 14 de los porcentajes de reducción, determino que la especie *Canna indica* y *Panicum máximo* se pudo observar que existió menor porcentaje de absorción de fosfatos ya que según (Bertsch, 2005), (Maurilio 2010) este tipo de especies vegetativas requieren de nitratos en la etapa de crecimiento, por esta razón se evidencio un mayor porcentaje de absorción de este contaminante.

Según (Fonseca et al., 2017) la utilización del sistema IFAs constituye una alternativa para mejorar la calidad de agua al ser un sistema de fácil instalación, mantenimiento y operación, además brinda un toque paisajístico al lugar donde se instale el sistema

Al trabajar con un medio acuático artificial y con circulación limitada, es más propenso a la eutrofización que impide de una manera significativa la dispersión y dilución de los diferentes nutrientes según (García, 2012).

(Herrera, 2010) determina que, al no existir una correcta oxigenación del agua, puede existir descomposición de algas lo cual produce un aumento de DBO₅ promedio de 150g de igual manera las concentraciones de pH se acidificaron.

12. IMPACTOS

12.1. Técnicos

- La investigación debe realizarse en campo de forma directa, en el cual se instaló un

invernadero para que el sistema IFA opere y así asimilar un microclima adecuado para su adaptación.

- Los resultados de los muestreos van en función de la acreditación del laboratorio y sus parámetros, obteniendo menor margen de error y mayor confiabilidad.
- El sistema IFA a diferencia de las plantas de tratamiento de agua son de menor costo en su mantenimiento e instalación.

12.2. Sociales

- Al ser un sistema de tratamiento convencional de bajo costo se podría implementar en vertientes contaminadas por incidencia de filtración de contaminantes agrícolas en aguas subterráneas, mejorando la calidad del recurso y por ende la calidad de vida de la población.
- El sistema puede ser usado en reservorios de agua de uso agrícola, cambiando así la economía lineal a una circular en el recurso agua, es decir una economía que por definición es reparadora y regenerativa, y pretende conseguir que los productos, componentes y materiales mantengan su máxima utilidad y valor en todo momento.

12.3. Ambientales

- La fitorremediación en el siglo XXI se ha convertido en una alternativa eco amigable, por su alta incidencia y efectividad en el tratamiento de aguas contaminadas.
- La hidroponía y la remediación de agua contaminada son un claro ejemplo que las plantas no necesitan de suelo para poder desarrollarse y que por este medio se puede reducir hasta un 90% el recurso hídrico, haciendo posible su reutilización.

12.4. Económicos

- Los materiales que se usaron en el sistema IFAs en su totalidad fueron reciclados, reduciendo y dando una alternativa de reutilización.
- Para comprobar el correcto funcionamiento del sistema se requiere realizar análisis en laboratorios con acreditación de parámetros, siendo este el único gasto relevante.

13. PRESUPUESTO

Tabla 16. Presupuesto

Recursos	Cantidad	Descripción	Valor unitario	Valor Total
Humanos	2	Personas	30	60
Materiales	2	Plástico de invernadero	60	120
	18	Palos	2.45	44.10
	2	Tubos PVC ()	6	12
	12	Codos PVC ()	1	12
	2	Malla sintética	3,75	7.50
	3	Tinas plásticas	15	45
	4	Bombas de agua	16	64
Tecnológicos	400	Computadoras (3horas diarias)	0.40	160
	1	Impresora	0,10	14
	1	GPS	3,00	6.00
	3	Termómetro	1	3
	1	Celular	300	300
1	Cámara	120	120	
Laboratorio para el análisis de los parámetros: nitratos, fosfatos, DBO ₅ Y pH	4	Análisis de laboratorio	90	360
Materiales de escritorio	1	Libreta de campo	1	1
	2	Resmas de papel	5	10
	6	Esferos	0.50	3
	1	Cinta métrica	3	3
Otros	3	Transporte	10	30
		Alimentación	5	15
			Subtotal	1.332
			10% Imprevistos	133.2
			Total	1,465.2

Elaborado por: García Javier & Tiche José, (2019)

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

14.1. Conclusiones

- Se estableció que en 63 días se puede obtener un 99.98% y un 24% de remoción de Nitratos y Fosfatos respectivamente con el sistema IFAs.
- El crecimiento radicular tiene una correlación directa positiva al porcentaje de remoción de contaminantes evaluados, determinando así que, el valor de DBO₅ es inversamente proporcional al valor de pH, teniendo aguas ácidas con mayor presencia de DBO₅.
- El modelo matemático en Rstudio, afianzó los resultados obtenidos por el LABIOTEC, mismos que, arrojaron una disminución de un 1% en Nitratos y Fosfatos a los 21 y 10 días

respectivamente.

14.2. Recomendaciones

- Para estudios posteriores es necesario realizar más análisis de otros parámetros que puedan influenciar en el cambio significativo del sistema.
- La disposición final de las plantas y su bioacumulación de contaminantes debe ser objetivo de estudio para determinar el estado en el que termina el ciclo vital de las especies estudiadas.
- Incrementar el tiempo de control de las especies, ya que, mientras más datos se obtengan menor será el grado de error de los estudios posteriores.
- Reemplazar las especies vegetativas de la matriz flotante a medida que estas se marchiten o cumplan su periodo de funcionalidad, según el o los contaminantes que se desee remover.
- Transformar las especies vegetativas obsoletas en abono verde y como ingrediente en la preparación de compost y humus de lombriz.
- Trabajar con un mayor número de datos para obtener un Modelo de regresión lineal simple más preciso.

15. BIBLIOGRAFÍA

Alarcón, E., J. C. Lotero y L.R. Escobar. (2009). Producción de semilla de los pastos Angleton, Puntero y Guinea. Agricultura. Mexico.

AMBIENTAL, C. G. D. P. (2017). Ministerio del Ambiente. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua.

Andrade., M. (2012). Development and optimization of biodegradable films based on achira flour. Carbohydrate polymers, 88(2), 449-458.

ARCSA. (2014). Informe calidad de agua del rio Cutuchi ARCSA-CZ03-CO-001. Riobamba: ARCSA.

Arias, J. A. V. (2017). Contaminación de suelos y aguas por hidrocarburos en Colombia. Análisis de la fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación. RIAA, 8(1), 151-167.

Balairón Pérez, L. (2012). *Gestión de recursos hídricos*. Edicions UPC.

Barakat.(2011). TRATAMIENTOS PARA LA REMOCION DE METALES PESADOS COMUNMNETE PRESENTES EN AGUAS RESIDUALES. Revista Ingeniería y

Región. BERNAL E., Javier. (2003). Pastos y forrajes tropicales, producción y manejo. Banco ganadero. (4a. ed.). Bogotá. p 417 – 421

BERNACHE PÉREZ, G. (2012). Riesgo de contaminación por disposición final de residuos: Un estudio de la región centro occidente de México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 28, 99-107.

Bernal, M. P., Clemente, R., Vazquez, S., & Walker, D. J. (2007). Aplicación de la fitorremediación a los suelos contaminados por metales pesados en Aznalcóllar. *Revista Ecosistemas*, 16(2).

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

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). *Revista Tecnología en Marcha*, 30(4), 15-27.

Borja, A. (2011). Los impactos ambientales de la acuicultura y la sostenibilidad de esta actividad. *Boletín. Instituto Español de Oceanografía*, 18(1-4), 41-49.

Brito, A. L. B. E. R. T. O., Falcón, J. M., & Herrera, R. O. G. E. L. I. O. (2015). Sobre la tropicalización reciente de la ictiofauna litoral de las islas Canarias y su relación con cambios ambientales y actividades antrópicas. *Vieraea*, 33, 515-525.

Caicedo, G., 2011 El cultivo de achira: Alternativa de 11 producciones para el pequeño productor 8.

Calderón, M., & González, P. J. (2007). Respuesta del pasto guinea (*Panicum maximum*, cv. Likoni) cultivado en suelo Ferralítico Rojo lixiviado a la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares. *Cultivos tropicales*, 28(3), 33-37.

Calero, B., & Janela, M. (2012). Determinación de los niveles de tolerancia a hidrocarburos y potencial de fitorremediación en cuatro especies vegetales nativas procedentes del sector Baeza-El Chaco, Ecuador (Bachelor's thesis).

- Cárdenas, D. M., Garrido, M. F., Bonilla, R. R., & Baldani, V. L. (2010). Aislamiento e identificación de cepas de *Azospirillum* sp. en pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.) del Valle del Cesar. *Pastos y Forrajes*, 33(3), 1-1.
- Cárdenas, G; Sánchez, I. Nitrógeno en aguas residuales: orígenes, efectos y mecanismos de remoción para preservar el ambiente y la salud pública. *Revista Universidad y Salud*. 2013; 15(1): 72-88
- Cenzano, E. (2010). Extracción y caracterización de 3 clones de achira (*canna edulis*). Licenciatura. UNALM, Lima (Perú), Facultad de Industrias. Lima.
- Clairand, et al. (2017). Islas flotantes artificiales: una alternativa ecotecnológica para la restauración y remediación de aguas contaminadas. Latacunga.
- Combes, D. & J. Pernes. (2010). Variation dans les nombres chromosomiques du *Panicum maximum* Jacq. En relation avec le mode de reproductio. Paris. 270.782-5.
- Delgadillo, O. (2010). Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. Nelson Antequera.
- El telégrafo, (2017) El estero Palanqueado 'renace' entre 40 islas flotantes en el sector Cisne II. Guayaquil.
- EPA, U. (2000). United States Environmental Protection Agency. Quality Assurance Guidance Document-Model Quality Assurance Project Plan for the PM Ambient Air, 2.
- Fernández., de Miguel, E de Miguel, J., M., Fernández, C (2015) Manual de Fitodepuracion, UPM, Fundación Global Nature, Caja Madrid, Ayto. de Lorca.
- Fonseca & Clairand. (2017). ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES UNA ALTERNATIVA ECOTECNOLOGICA PARA LA RESTAURACION Y REMEDIACION DE AGUAS CONTAMINADAS Riobamba.
- Förstner., et al. (2011). METAL POLLUTION IN THE AQUATIC ENVIRONMENT. England
- Gomez, A. (1980). La Achira (*Canna* sp). Nariño.
- García, G. (2012). La contaminación del agua. Perú: Sanchon MV.
- Gersberg,R., Gearhart,R., Ives,M (2005). Pathogen removal in constructed wetlands. In:Construted Wetlands for Wastewater Treatment,D.A. Hammer , ed., Lewis Publishers, Che Michigan, pp 431 – 446.

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

Herrera, O. F., Vargas, O. Y., & Marín, C. P. (2010). La contaminación ambiental por el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados en el cultivo del tomate. *Scientia gerundensis*, (24), 5-12.

Hidalgo Ramírez, C. E., & Osorio Muñoz, E. A. (2013). *Evaluación y determinación de la capacidad secuestrante de los metales pesados cromo (Cr) y cadmio (Cd) por taxas de mohos aisladas de los alrededores de los ríos Cutuchi y Machángara* (Bachelor's thesis).

LABIOTEC. (2019). Análisis de aguas contaminadas. Quito.

Larios Ortiz, L. (2009). Contaminación del agua por nitratos: significación sanitaria. *Revista Archivo Médico de Camagüey*, 13(2), 0-0.

Lavie, E., Morábito, J., Bermejillo, A., & Filippini, M. F. (2010). Contaminación por fosfatos en el oasis bajo riego del río Mendoza. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 42(1).

León Romero, J. A. (2017). Una Mirada a la Fitorremediación en Latinoamérica.

León, E. A., Cely, A. L. C., & Cañon, J. D. G. (2013). Factibilidad del uso del almidón de achira como agente controlador de filtrado en lodos de perforación base agua. *Revista Ion*, 26(1).

León, G. R. C. 2017. Algunas consideraciones Técnicas sobre la producción de semilla de Zacate Guinea (*Panicum máximum* Jacq.) en México. Boletín No. 3.. México: PNS.

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

López, R. A. N., Vong, Y. M., Borges, R. O., & Olguín, E. J. (2004). Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones.

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

Martínez, S. A. A., Toro, F. M. B., Rojas, G. G., Giraldo, J. P. S., & Ángel, M. L. H. (2010). Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas. *Informador técnico*, (74), 12-22.

- Maurilio et al. (2010). Rendimiento y calidad de semilla de pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.) cv. Tanzania usando la fitohormona esteroidea cidef-4. Mérida. ARCSA.
- Mazari, M. (2014). Agricultura y contaminación del agua. *Problemas del desarrollo*, 45(177), 199-201.
- Ortega Calzada, C. (2013). Efectos de diferentes niveles de aireación en la solución nutritiva en dos variedades de colleja (*Silene vulgaris*) cultivadas en bandejas flotantes.
- Rodríguez Borray, G. A., García Bernal, H. R., Camacho Tamayo, J. H., & Arias, F. L. (2003). El almidón de achira o sagú (*Canna edulis*, Ker). Manual Técnico para su elaboración.
- Silva Acero, J. A. (2019). Establecimiento de un sistema de aprovechamiento y tratamiento de los efluentes del beneficio de café (*Coffea arabica*; L.) en la finca Cachipay, municipio de Oiba Santander (Doctoral dissertation).
- 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". Recuperado de https://drive.google.com/drive/folders/13m_SYfrbIdBHn-9mEFz-_F6YcPWUPm-W (s. f.). Inventario de la sucesión vegetal secundaria en la provincia Pastaza, Ecuador - Inventory of the secondary vegetable. 9.2019). "ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES CON LA ESPECIE ACHIRA (*Canna indica*) COMO ALTERNATIVA PARA LA REMOCION DE CROMO Y COLIFORMES FECALES EN AGUA PROCEDENTE DEL RIO CUTUCHI". Latacunga.
- Suárez, R., Espinoza, Y., Villanueva, C., Ramos, J., Huapaya, P., & Marquina, R. (2012). Aislamiento de amebas de vida libre del género *Acanthamoeba* a partir de fuentes de agua en la ciudad de Ica. In *Anales de la Facultad de Medicina* (Vol. 63, No. 2, pp. 17-21). Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Vaughan, G., & Fernández, C. (2013). El potencial forrajero de la achira o sagú (*Canna indica* L.) en Guayatá, Colombia. *Livestock Res Rural Dev.* [consultado 2016 feb 1], 25(10).



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por los señores estudiantes **PABLO JAVIER GARCÍA GUAMÁN Y JOSÉ GABRIEL TICHE TOASA** de la **CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE** de la **FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**, cuyo título versa “**EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DEL SISTEMA IFA CON ACHIRA (*Canna indica*) Y PASTO GUINEA (*Panicum maximun*) 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 los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, febrero del 2020

Atentamente,



Lic. Marcelo Pacheco Pruna
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0502617350



CENTRO
DE IDIOMAS

16. ANEXOS

16.1. Hojas de vida

DATOS PERSONALES

CÉDULA DE CIUDADANÍA:	1804585105
LUGAR, FECHA DE NACIMIENTO:	Ambato, agosto 13 de 1994
ESTADO CIVIL:	Soltero
NACIONALIDAD:	Ecuatoriano



FORMACIÓN ACADÉMICA

PRIMARIA:	LICEO FISCAL JUAN MONTALVO
SECUNDARIA:	UNIDAD EDUCATIVA "TIRSO DE MOLINA"
TITULOS:	BACHILLERATO GENERAL UNIFICADO
SUPERIOR:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
CARRERA:	INGENIERÍA DE MEDIO AMBIENTE
SEMESTRE:	DECIMO
IDIOMA:	INGELÉS NIVEL B1

CAPACITACIONES

Medio Ambiente y Recursos Naturales

Latacunga, Fecha: 3 de febrero del 2017, Duración 40 horas

Conservación del Condor Andino en Ecuador y del oso de anteojos en Ecuador

Latacunga, Fecha 01 de marzo del 2018, Duración 40 horas

Recursos Hídricos

Latacunga, Fecha 22 de marzo del 2018, Duración 40 horas

Manejo de Instrumentación Ambiental

Universidad Técnica de Cotopaxi, Fecha 12 de abril de 2018

Difusión Ambiental

Latacunga, Fecha 15, 16 y 17 de Julio del 2019, Duración 40 horas

Licencia de conducir tipo C

Ambato, Escuela de Capacitación de Conductores Profesionales de Izamba, Fecha 18 de abril del 2015

OTROS DATOS DE INTERÉS

Concurso de Oratoria Exaltación a la Reina de Ambato

Lugar: Ambato, Fecha: 8 de febrero 2012, Sexagésima Primera Fiesta de la Fruta y de las flores.

Participante en la “Primera Convención Científica Internacional de la UTM 2017”

Universidad Técnica de Manabí. Fecha: 18, 19 y 20 de octubre del 2017, Duración 40 Horas

Ponencia “Evaluación de 6 métodos de completación de datos para la Subcuenca del Río Patate”

En la “Primera Convención Científica Internacional de la UTM” Lugar: Portoviejo. Fecha: 18, 19 y 20 de octubre del 2017.

Participante en la “Feria UTCina 2018”

Universidad Técnica de Cotopaxi. Fecha: 17 de enero del 2018

EXPERIENCIA LABORAL

“Agroquímicos el ahorro”

Pillaro, un año en atención al cliente. Fecha: 05 de octubre del 2016

Pasantías en Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua”

Lugar: Departamento de Gestión y Calidad Ambiental, en la Unidad de Control Ambiental de actividades de mediano impacto, Fecha: del 01 de mayo al 31 de octubre del 2019.

REFERENCIAS PROFESIONALES Y PERSONALES

- Sra. Rosa Toasa, Licenciada en Contabilidad y Auditoría (+1 347 241-5404)
- Sr. José Francisco Tiche, Agricultor (0982008816)
- Srta. Tania Elizabeth Urrutia Agreda, Psicóloga Industrial (0991620022)

APTITUDES

- Liderazgo y trabajo en Equipo.
- Manejo de equipos e instrumentos de Laboratorio Ambiental.
- Capacidad de Diversificación.
- Estricto manejo de Valores Laborales y Morales.
- Inteligencia Emocional.
- Capacidad de Planificación.
- Manejo de ArcGis 10.5
- Manejo de Microsoft Office.
- Manejo de plataforma SUIA.
- Elaboración de Auditorías Ambientales.



Pablo Javier GARCIA GUAMAN

24 años
Latacunga, Cotopaxi-Ecuador
Tel: 0984464763
E-mail: pablogarcia105@live.com

ESTUDIOS

Junio 2013 Tambo-Ecuador	Especialidad Explotaciones Agropecuarias <i>Colegio Nacional El Tambo</i>
2015- 2020	Universidad Técnica de Cotopaxi Ingeniería en Medio Ambiente Latacunga- Ecuador

Estatus: *Egresado*

Tema de proyecto de investigación: *“Evaluación de la remoción de contaminantes del Sistema IFA con Achira (Canna indica) y Pasto Guinea (Panicum maximum) a través de un modelo matemático”*

Programas manejados: ArcGis, Catastro Minero, Word, Excel.

IDIOMAS

Inglés: Intermedio
Universidad Técnica de Cotopaxi

REFERENCIAS PERSONALES

Ing. Sergio Vinicio Velastegui
Analista en minas del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Latacunga.
Teléfono: 0988234742
E-mail: vini289_kaya@hotmail.com

Ing. Mgs. Paolo Chasi
Docente Investigador de la Universidad Técnica de Cotopaxi (Latacunga-Ecuador)
Teléfono: 0984203033
E-mail: wilman.chasi@utc.edu.ec



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DATOS INFORMATIVOS PERSONAL DOCENTE

DATOS PERSONALES

APELLIDOS: ILBAY YUPA

NOMBRES: MERCY LUCILA

ESTADO CIVIL: CASADO

CEDULA DE CIUDADANÍA: 0604147900

NÚMERO DE CARGAS FAMILIARES: 1

LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO: Archidona. 30 octubre 1983

DIRECCIÓN DOMICILIARIA: Hermana Páez y Quijano y Ordoñez

TELÉFONO CONVENCIONAL:

TELÉFONO CELULAR: 0987533861

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

TIPO DE DISCAPACIDAD: NINGUNA

DE CARNET CONADIS:



ESTUDIOS REALIZADOS Y TÍTULOS OBTENIDOS

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

HISTORIAL PROFESIONAL

Docente

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

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

Profesional

Nº	EMPRESA-INSTITUCIÓN	POSICIÓN	DE MES-AÑO	A MES-AÑO
1	MAGAP-DR2RD	Analista de Riego y drenaje	11/2016	06/2017
2	SENAGUA	Analista de Estudios y Proyectos de Riego y Drenaje	3/2015	08/2015
3	GOBIERNO AUTÓNOMO DE LA PROVINCIA CHIMBORAZO	Técnica especialista de Hidrología-Riego	04/2011	12/2013
4	INIAP/Programa Nacional de Fruticultura	Técnica	03/2010	02/2011

Consultoría general

Nº	NOMBRE DEL PROYECTO	INSTITUCIÓN	AÑO
1	“Estudio Hidrológico de la cuenca alta del Río Guaya, para el sistema de riego del directorio de aguas de la comunidad la Moya - parroquia Guasuntos- cantón Alausí-provincia de Chimborazo”	GAD de Chimborazo	2016
2	Estudio Hidrológico del Sistema de Riego Chambo-Guano	Junta General De Usuarios Del Sistema De Riego Chambo-Guano- Chimborazo	2012
3	Economía agraria con la capacitación especializada en análisis de rentabilidad agropecuaria	H. Gobierno Provincial de Tungurahua	2012

.....
Firma

16.2. Registro fotográfico

<p>Fotografía 1. Construcción del invernadero</p>	<p>Fotografía 2. Adecuación del invernadero</p>
	
<p>Fotografía 3. Fibra de coco</p>	<p>Fotografía 4. Obtención de las plántulas de Achira</p>
	
<p>Fotografía 5. Germinación pasto</p>	<p>Fotografía 6. Construcción de la matriz flotante</p>
	
<p>Fotografía 7. Periodo de adaptación</p>	<p>Fotografía 8. Urea – Fosfato monoamónico</p>



Fotografía 9. Toma de muestras canal



Fotografía 10. Lavado de envase



Fotografía 11. Etiquetado de envase



Fotografía 12. Contenedor de muestras para transporte



Fotografía 13. Sistema IFA



16.3. Certificado de acreditación de LABIOTEC


**SERVICIO DE ACREDITACIÓN
ECUATORIANO - SAE**
ALCANCE DE ACREDITACIÓN
**Laboratorio BIOTECNOLOGICO
AMBIENTAL LAB-BIO-TEC S.A.**

De las Gardenias E12-81 y de las Magnolias,
• Teléfono: 2449988 • E-mail: labiotec2013@hotmail.com
Quito - Ecuador

**Sector
Ensayos**

Certificado de Acreditación N°: **SAE LEN 16-005**
 Actualización N°: **01**
 Resolución N°: **SAE DL 16-240**
 Vigencia a partir de: **2016-04-29**
 Acreditación Inicial: **2016-04-29**
 Responsable(s) Técnico(s): **Gases: Quím. Jorge Calispa**
Aguas y suelos: Quím. Lilian Godoy

Está acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) de acuerdo con los requerimientos establecidos en la Norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración", los Criterios Generales de Acreditación para laboratorios de ensayo y calibración (CR GA01), Guías y Políticas del SAE en su edición vigente, para las siguientes actividades:

CATEGORIA: 0. Ensayos en el laboratorio permanente

CAMPO DE ENSAYO: Análisis Físico – químicos en aguas

MATERIAL A ENSAYAR	ENSAYO, TÉCNICA Y RANGOS	MÉTODO DE ENSAYO
Agua Residual Agua Natural Agua de Consumo	Potencial Hidrógeno, Electrométrica 4 a 10 un pH	PTA.01-1-1 Método de Referencia: Standard Methods Ed. 22, 2012 4500 H+
Agua Residual Agua Natural Agua de Consumo	Conductividad Eléctrica, Electrométrica 50 a 12000 us/cm	PTA.02-1-1 Método de Referencia: Standard Methods Ed. 22, 2012 2510 B
Agua Residual	Metales, Espectrofotometría de Absorción Atómica de Llama, Plomo 0,15 a 0,665 mg/l Cromo 0,15 a 0,665 mg/l	PTA.13-1-1 Método de Referencia : Standard Methods Ed. 22, 2012 3030E + 3111 B

La versión aprobada y más reciente de este documento puede ser revisada en el web www.acreditacion.ecbuec

Servicio de Acreditación Ecuatoriano
 Alcance de Acreditación *SAE LEN 16-005*
 Laboratorio BIOTECNOLÓGICO AMBIENTAL LAB-BIO-TEC S.A.

	Cadmio 0,015 a 0,07 mg/l Níquel 0,25 a 0,60 mg/l	
Agua Residual Agua Natural	Demanda Química de Oxígeno Reflujo abierto, Volumetría 10 a 750 mg/l	PTA.03-1-1 Método de Referencia : Standard Methods Ed. 22, 2012 5220 B
Agua Residual Agua Natural Agua de Consumo	Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5, Winkler, 10 a 1000 mg/l	PTA.04-1-1 Método de Referencia : Standard Methods Ed. 22, 2012 5210 B
Agua Residual	Compuestos Fenólicos (como fenol) Espectrofotometría UV- VIS, 0,05 a 1,5 mg/l	PTA.10-1-1 Método de Referencia : Standard Methods Ed. 22, 2012 5530 B + 5530 C
Agua Residual Agua Natural Agua de Consumo	Detergentes como sustancias activas al azul de metileno, Espectrofotometría UV- VIS, 0,115 a 2,5 mg/l	PTA.11-1-1 Método de Referencia : Standard Methods Ed. 22, 2012 5540 C
Agua residual	Aceites y Grasas como sustancias solubles en hexano, Gravimetría 20 a 300 mg/l	PTA.12-1-1 Método de Referencia : Standard Methods Ed. 22, 2012 5520 B
Agua Residual	Hidrocarburos Totales de Petróleo TPH, Espectrometría Infrarroja 2 – 120 mg/l	PTA.09-1-1 Método de Referencia : ASTM D 7066-04
Agua residual	Sólidos Totales, Gravimetría 100 a 10000 mg/l	PTA.05-1-1 Método de Referencia : Standard Methods Ed. 22, 2012 2540 B
Agua residual	Sólidos Suspendedos, Gravimetría 20 a 2000 mg/l	PTA.06-1-1 Método de Referencia : Standard Methods Ed. 22, 2012 2540 D
Agua Residual Agua Natural Agua Consumo	Cromo Hexavalente Cr VI, Espectrofotometría UV-VIS, 0,05 a 1,0 mg/l	PTA.14-1-1 Método de Referencia : Standard Methods Ed. 22, 2012 3500-Cr B

La versión aprobada y más reciente de este documento puede ser revisada
 en la página web www.acreditacion.ecoib.ec

F PA 01 01 R02

Página 2 de 4

Servicio de Acreditación Ecuatoriano
 Alcance de Acreditación **SAE LEN 16-005**
 Laboratorio BIOTECNOLÓGICO AMBIENTAL LAB-BIO-TEC S.A.

CATEGORÍA 0: Ensayos en el laboratorio permanente

CAMPO DE ENSAYO: Análisis Físico-Químico de Suelos

MATERIAL A ENSAYAR	ENSAYO, TÉCNICA Y RANGOS	MÉTODO DE ENSAYO
Suelos	Metales, Espectrofotometría de Absorción Atómica de Llama, Plomo 10 a 200 mg/kg Cromo 5 a 100 mg/kg Cadmio 0,5 a 7,5 mg/kg Niquel 10 a 65 mg/kg	DIGESTION I03.PTA.13-1-1 Método de Referencia : EPA 3050 B Rev.02 1998 Standard Methods Ed. 22, 2012 3111 b

CATEGORÍA 1: Ensayos in situ, fuera de las instalaciones permanentes del laboratorio

CAMPO DE ENSAYO: Análisis Físico Químicos de emisiones gaseosas de fuentes fijas de combustión.

MATERIAL A ENSAYAR	ENSAYO, TÉCNICA Y RANGOS	MÉTODO DE ENSAYO
Emisión de Fuentes Fijas de Combustión	Gases contaminantes, Celdas Electroquímicas Monóxido de Carbono (CO), 51 a 1200 ppm Monóxido de Nitrógeno (NO), 51 a 1200 ppm Dióxido de Azufre (SO ₂), 51 a 1200 ppm Dióxido de Nitrógeno (NO ₂), 23 a 195 ppm Óxidos de Nitrógeno (NO _x), 51 a 1200 ppm Oxígeno 2.15 a 19.0 %	PTG.01-1-1 Método de Referencia : EPA CTM 34 PUBLICACION 08-09 1999 EPA CTM 30 TOMA DE MUESTRA PUBLICACION 13-10-1997
	Material particulado, Gravimetría 30-800mg/m ³	PTG.02-1-1 Método de Referencia EPA5 Publicación 16-08-1996

La versión aprobada y más reciente de este documento puede ser revisada en la página web: www.acreditacion.ec

F PA 01 01 R02

Página 3 de 4

Servicio de Acreditación Ecuatoriano
 Alcance de Acreditación **SAE LEN 16-005**
 Laboratorio BIOTECNOLOGICO AMBIENTAL LAB-BIO-TEC S.A.

CATEGORÍA 1: Ensayos in situ, fuera de las instalaciones permanentes del laboratorio

CAMPO DE ENSAYO: Acústica Ambiental

MATERIAL A ENSAYAR	ENSAYO, TÉCNICA Y RANGOS	MÉTODO DE ENSAYO
Nivel de Presión Sonora Ambiental	Ruido, Nivel de presión Sonora, 45- 120 dB	PTR.01-1-1 Método de Referencia ISO, 2007.1996-2

CATEGORIA: 0. Ensayos en el laboratorio permanente

CAMPO DE ENSAYO: Análisis Físico – químicos en aguas

MATERIAL A ENSAYAR	ENSAYO, TÉCNICA Y RANGOS	MÉTODO DE ENSAYO
Agua Natural	Hidrocarburos Totales de Petróleo TPH. Espectrometría Infrarroja 0.25 - 120 mg/l	PTA.09-1-1 Método de Referencia : ASTM D 7066-04

Control de Cambios en Alcance

Fecha	Modificaciones
2016-04-29	Inicial, Otorgar la Acreditación

La versión aprobada y más reciente de este documento puede ser revisada en la página web www.acreditacion.ec

F PA 01 01 R02

Página 4 de 4