



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

DIRECCIÓN DE CARRERA: MEDIO AMBIENTE

**INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
EN MEDIO AMBIENTE**

MODALIDAD:

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**EFICIENCIA DEL BIOFILTRO A BASE DE LOS RESIDUOS DEL
CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*) Y CACAO (*Theobroma cacao*)
PARA REMOCIÓN DE SÓLIDOS EN AGUA.**

AUTOR:

ZAMBRANO IZA CESAR MANUEL.

TUTOR:

QF. PATRICIO NOLES AGUILAR, M.Sc

CALCETA, DICIEMBRE 2019

DERECHOS DE AUTORÍA

CÉSAR MANUEL ZAMBRANO IZA, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

CÉSAR MANUEL ZAMBRANO IZA

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

Q.F. PATRICIO NOLES AGUILAR, MsC, certifica haber tutelado el proyecto **EFICIENCIA DEL BIOFILTRO A BASE DE LOS RESIDUOS DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*) Y CACAO (*Theobroma cacao*) PARA REMOCIÓN DE SÓLIDOS EN AGUA**, que ha sido desarrollada por **CÉSAR MANUEL ZAMBRANO IZA**, previa la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Q.F. PATRICIO NOLES AGUILAR, MsC

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de titulación **EFICIENCIA DEL BIOFILTRO A BASE DE LOS RESIDUOS DEL CULTIVO DE MAÍZ (Zea mays) Y CACAO (Theobroma cacao) PARA REMOCIÓN DE SÓLIDOS EN AGUA**, previa la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Ing. Carlos Villafuerte Vélez, Mg. C.A.
Miembro del tribunal

Ing. José Giler Molina, Ms.C.
Miembro del tribunal

Ing. Ricardo Delgado Villafuerte,
Mg. C.A.
Presidente del tribunal

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López por brindarme la oportunidad de formarme como un profesional y crecer como ser humano a través de la educación superior y a su vez por forjar mis conocimientos

A Dios por ser mi guía a lo largo de mi carrera universitaria y por la bendición de haber conocido a las personas correctas.

Al Ing. Fabián Peñarrieta por su apoyo a lo largo de esta investigación no solo como un docente ejemplar si no como un verdadero amigo

A mi tutor Qf. Patricio Noles, por el asesoramiento brindado a lo largo del trabajo de titulación.

A mis padres Mariana y Cesar por ser el pilar fundamental en mi vida, por su apoyo incondicional y por los valores inculcados, mi hermano por su apoyo y sabias palabras brindadas a lo largo de mi vida y mi amada novia Issis por su apoyo incondicional, sus consejos y su incansable compañía en el desarrollo de la investigación.

CÉSAR MANUEL ZAMBRANO IZA

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado la vida, y la bendición más grande mi familia, a mi madre por ser lo máspreciado que tengo y por siempre brindarme su apoyo y amor incondicional, a mi padre y hermano por ser la voz de aliento para obtener lo que me propongo.

CÉSAR MANUEL ZAMBRANO IZA

CONTENIDO

DERECHOS DE AUTORÍA.....	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
CAPITULO I. ANTECEDENTES.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. Objetivo general.....	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. Hipótesis.....	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Filtros.....	5
2.2. Tipos de filtración.....	5
2.2.1. Filtración lenta.....	5
2.2.2. Filtración rápida.....	5
2.3. Mecanismos de filtración.....	6
2.4. Biofiltros.....	6
2.5. Tipos de residuos a utilizar como medios absorbentes en los biofiltros.....	7
2.5.1. Maíz.....	7
2.5.1.1. Composición química del maíz.....	7
2.5.2. Cascarilla de cacao.....	8
2.6. Carbón activado.....	10
2.6.1. Composición del carbón activado.....	10
2.6.2. Activación del carbón activado.....	10
2.6.3. Tipos de poros del carbón activado.....	11
2.6.4. Aplicaciones del carbón activado.....	12
2.7. Tratamiento de aguas mediante carbón activado.....	12

2.8.	Filtros de carbón activado para agua	13
2.8.1.	Parámetros de diseño del filtro	14
2.9.	Residuos agroindustriales o de cultivos	15
2.10.	Características del agua	16
2.11.	Agua residuales de acuaponía.....	16
2.12.	Métodos estadísticos	17
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO		18
3.1.	Ubicación	18
3.2.	Duración del trabajo	18
3.3.	Métodos	18
3.3.1.	Factor en estudio	18
3.4.	Tratamientos	19
3.5.	Diseño experimental.....	19
3.6.	Esquema de análisis de varianza.....	19
3.7.	Unidad experimental	19
3.8.	Variable a medir	20
3.8.1.	Variable independiente	20
3.8.2.	Variable depeniente.....	20
3.9.	Parámetros.....	20
3.10.	Análisis estadístico	20
3.11.	PROCEDIMIENTOS	21
3.11.1.	Fase i. Caracterización del agua residual en la descarga de una actividad camaronera.....	21
3.11.2.	Fase ii. Aplicación de diferentes volúmenes de residuos de maíz y cacao en filtros para el tratamiento del agua	21
3.11.3.	Fase iii. Análisis de costo del tratamiento más eficiente	23
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		25
4.1.	Caracterización del agua residual en la descarga de una actividad camaronera.....	25
4.2.	Aplicación de diferentes volúmenes de residuos de maíz y cacao en filtros para el tratamiento del agua	25
4.2.1.	Esquematización de los biofiltros	26
4.3.	Análisis de costo del tratamiento más eficiente.....	43
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.		44

5.1. Conclusiones	44
5.2. Recomendaciones	44
BIBLIOGRAFÍA.....	45
ANEXOS.....	54

CONTENIDO DE CUADROS, GRÁFICOS Y FIGURA.

CUADROS

2.1. Composición química del maíz.....	8
2.2. Composición química del cacao.....	9
2.3. Parámetro de diseño.	15
3.1. Coordenadas de ubicación.....	18
3.2. Combinaciones de los niveles.	18
3.3. Tratamientos.	19
3.4. Delineamiento experimental.....	19
3.5. Análisis de varianza.....	19
3.6. Descripción de las unidades experimentales.	20
3.7. Indicadores.....	20
3.8. Parámetros de análisis.	21
4.7. Anova para % porcentaje de remoción de turbidez.....	35
4.8. Método: 95.0 porcentaje tukey hsd turbidez.....	35
4.9. Anova para % porcentaje de remoción de color	36
4.10. Método: 95.0 porcentaje tukey hsd color.....	37
4.11. Anova para % porcentaje de remoción pH.....	38
4.12. Método: 95.0 porcentaje LSD pH	38
4.13. Anova para % porcentaje de remoción de T.D.S	39
4.14. Método: 95.0 porcentaje lsd T.D.S	40
4.15. Anova para % porcentaje de remoción de S.S.T.....	41
4.16. Método: 95.0 porcentaje lsd S.S.T	41
4.17. Costo de producción del tratamiento más eficiente.....	43

GRÁFICOS

4.1. Porcentaje de remoción de turbidez.....	36
4.2. Porcentaje de remoción de color	37
4.3. Porcentaje de remoción de pH.....	39
4.4. Porcentaje de remoción de sólidos disueltos totales.....	40
4.5. Porcentaje de remoción de s.s.t.....	42

FIGURAS

4.1. (Tratamiento 1), con las proporciones de materia orgánica e inorgánica ..	26
4.2. (Tratamiento 2), con las proporciones de materia orgánica e inorgánica ..	27

- 4.3. (Tratamiento 3), con las proporciones de materia orgánica e inorgánica .. 28
- 4.4. (Tratamiento 4), con las proporciones de materia orgánica e inorgánica .. 29

RESUMEN

La investigación radica en evaluar la eficiencia de los biofiltros a base de residuos de cosecha de maíz (*Zea mays*) y cacao (*Theobroma cacao*) en la remoción de sólidos en agua (turbidez, color, sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales y pH) del efluente de una actividad camaronera a mediana escala ubicada en la comunidad de San Antonio del cantón Chone. La construcción de la unidad experimental se la realizó con tubos pvc de 80cm de altura con diámetro de 10cm complementados por uniones y llaves de paso ubicados en una base metálica. El acondicionamiento de los materiales filtrantes orgánicos consistió en, limpiarlos, secarlos, reducir su tamaño, lavarlos mediante (desinfección con cloro) y por último se los deshidrato, así mismo los materiales inorgánicos se los acondiciono mediante un simple lavado. Se aplicó un diseño experimental completamente aleatorizado que consistió en 4 tratamientos y 3 réplicas T₁ (90% maíz – 10% cacao), T₂ (25% maíz – 75% cacao), T₃ (75% maíz – 25% cacao) y T₄ (20% maíz – 20% cacao). La caracterización del agua residual demostró condiciones físicas, que permitieron la aplicación de los biofiltros, se encontraron diferencias significativas en los tratamientos aplicados, reportándose que el T₄ es el que presenta mayor eficiencia en la remoción de turbidez 95%, sólidos disueltos totales 25% y sólidos suspendidos totales 84%, el análisis de costo revela que la construcción y acondicionamiento del medio filtrante más eficiente es de \$47,89 para esto se deduce que los biofiltros son una tecnología que permite mejorar la calidad del agua generando residuos para su aprovechamiento.

PALABRAS CLAVES

Biofiltros, remoción, residuos orgánicos, agua residual de camaroneras

ABSTRACT

The research was based on evaluating the efficiency of biofilters based on corn crop residues (*Zea mays*) and cocoa (*Theobroma cacao*) in the removal of solids in water (turbidity, color, total solids, total suspended solids and pH) of effluent from a medium-scale shrimp activity located in the San Antonio community of city Chone. The construction of the experimental unit was carried out with 80cm high pvc pipes with a diameter of 10cm complemented by joints and stopcocks located in a metal base. The conditioning of the organic filter materials consisted of cleaning, drying, reducing their size, washing them by means of (chlorine disinfection) and finally they were dehydrated, and the inorganic materials were conditioned by simple washing. A completely randomized experimental design was applied, consisting of 4 treatments and 3 replicates T₁ (90% corn - 10% cocoa), T₂ (25% corn - 75% cocoa), T₃ (75% corn - 25% cocoa) and T₄ (20% corn - 20% cocoa). The characterization of the residual water showed physical conditions, which allowed the application of biofilters, significant differences were found in the treatments applied, reporting that T₄ is the one that presents greater efficiency in the removal of turbidity 95%, total solids dissolved 25% and solids Suspended total 84%, the cost analysis indicated that the construction and conditioning of the most efficient filter medium is \$47.89 for this it follows that biofilters are a technology that allows to improve the quality of water generating waste for its use.

PALABRAS CLAVES

Biofilters, removal, organic waste, shrimp wastewater

CAPITULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua es uno de los recursos naturales esenciales y principales de la naturaleza e integrante de los ecosistemas naturales, fundamental para el sostenimiento y la reproducción de la vida en el planeta ya que constituye un factor fundamental para el desarrollo de los procesos biológicos que la hacen posible (Monge, 2004). Además es considerado como el recurso indispensable para la vida del ser humano, a la vez un medio fundamental para el desarrollo de las actividades económicas y productivas (Consejería de Desarrollo y Medio Ambiente y Desarrollo Rural, 2005).

El Instituto de Hidrología (2007), establece que las aguas en estado natural presentan en su composición sustancias disueltas y en suspensión, las mismas que pueden causar contaminación, esto radica básicamente en que modifican su calidad, además de algunos problemas de olor, sabor, color los mismos que limitan el uso del recurso hídrico. La naturaleza también cumple funciones importantes, esto se debe a que trabaja a través del ciclo del agua para limpiar y remover los contaminantes presentes en el agua, pero sin embargo el esfuerzo es insuficiente porque no cuenta con la capacidad suficiente para la eliminación total de todas las sustancias que se vierten en ella (Brito, 2007).

En la provincia de Manabí, el agua se caracteriza principalmente por tener rápidos cambios de calidad, más que todos sus cambios se hacen notorio en las épocas de lluvias, debido a que en esta se presentan variaciones en forma creciente en la turbiedad y algunas sustancias orgánicas e inorgánicas comunes de la zona, mediante las escorrentías y lavado de los suelos (Yungan, 2010).

Entre los principales métodos para el tratamiento de aguas destaca la filtración, que consiste en el paso del agua a través de un medio filtrante poroso, estos suelen ser arena, antracita u otro material granulado para optimizar la remoción de las impurezas en partículas presentes (Vargas, 2010).

En la actualidad ante la deficiencia de algunos de los métodos de tratamiento de agua y como solución a la generación de residuos de cosecha sumerge la

necesidad del aprovechamiento de las características de algunos residuos para ser parte de biofiltros, nuevos materiales que reemplazan a los usados en los medios granulares tradicionales y creación de filtros para mejorar la calidad del agua (Cruz, 2016).

Los filtros a base de residuos cultivos de maíz y cacao consisten en el paso del agua por un filtro con diferentes tipos de medios filtrantes entre ellos el carbón activado es decir carbonos con una estructura porosa altamente desarrollada, del cual cumplirá funciones fundamentales para mejorar su calidad, este método podrá eliminar cloro, mal olor, sabores desagradables y sólidos como a su vez también retiene algunos contaminantes orgánicos, a esto sumado algunos componentes más como es la arena, grava, gravilla, etc (Cortes, 2015).

Lo que se pretende con dicho tratamiento es la reducción de concentraciones de parámetros físicos presentes en el agua de tal manera que este pueda mejorar su calidad.

Por lo anteriormente expuesto, me permito plantear la siguiente interrogante: ¿Cuál es la eficiencia de remoción de sólidos suspendidos en agua mediante el uso de biofiltros a base de residuos de la cosecha de maíz (*Zea mays*) y cacao (*Teobroma cacao*)?

1.2. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se desarrolla con la finalidad de probar la eficiencia del biofiltro a base de los residuos de cosecha del maíz y cacao, en la remoción de contaminantes en el agua. El zuro o la coronta de maíz son residuos de cosecha el cual está compuesto básicamente por lignina, celulosa y hemicelulosa el cual puede ser aprovechado para la producción de carbón activado de excelentes características para el mejoramiento de la calidad del recurso hídrico o a su vez de forma natural (Fuentes, 2012).

Los residuos de la cosecha del maíz (*Zea mays*) y cacao (*Teobroma cacao*) es un material muy abundante en la provincia de Manabí, lo cual es considerado como una ventaja al momento de su adquisición por lo que representaría un costo muy bajo o ningún costo. El zuro o la coronta de maíz puede ser

considera como un medio de soporte apropiado para filtros en mejoramiento de calidad de aguas, debido a que es un material orgánico con un apreciable porcentaje de lignina, el cual, por ser considerado como desecho y tener características tales como dureza y estructura porosa es un material alternativo para ser aplicado en procesos de adsorción (Águila, 2016).

Esta investigación será desarrollada de acuerdo a lo establecido en la Constitución del Ecuador, en el Art. 276, numeral 4 que indica: “Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural”, en concordancia con el Plan Nacional de Desarrollo “Toda una vida”, específicamente en el Objetivo 3: Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones en el que hace referencia: “La protección de fuentes de agua, con lo que se consolida el enfoque de gestión integrada de los recursos hídricos, se desarrollan mecanismos de compensación, y la declaratoria de áreas de protección hídrica”, con el desarrollo de este trabajo se busca el aprovechamiento de los residuos agroindustriales mediante la producción de carbón activado como es el caso del maíz, con el que se pretende probar la eficiencia de éste carbón en la remoción de contaminantes presentes en el agua, lo cual brindará una alternativa para el aprovechamiento de éste residuo, promoverá la sostenibilidad ambiental y será utilizada para la mejorara de la calidad del agua potable.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la eficiencia del biofiltro a base de residuos de cultivos de maíz (*Zea mays*) y cacao (*Teobroma cacao*) para la remoción de contaminantes en agua.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar el agua residual de la descarga de una actividad camaronera.
- Experimentar con diferentes proporciones de residuos de cultivos de maíz y cacao la remoción de contaminantes.
- Analizar el costo del tratamiento más eficiente.

1.4. HIPÓTESIS

Al menos uno de los tratamientos tiene una mejor eficiencia en la remoción de sólidos suspendidos en agua

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. FILTROS

Para Romero (2010), se define como un sistema compuesto por lechos filtrantes de grava u otros materiales más, de diferentes dimensiones, los mismos que pueden ser de manera anaerobia o aerobia, los cuales se nutren de agua residual, mientras que para Molina (2016), los filtros son procesos mecánico los cuales permite la retención de partículas, material coloidal y microorganismos de una sustancia acuosa mediante la utilización de un medio filtrante, permitiendo así que el agua pase mejorando sus propiedades físicas y químicas.

2.2. TIPOS DE FILTRACIÓN

De acuerdo con Cánepa (2010), los tipos de filtración se los puede dividir de dos maneras:

2.2.1. FILTRACIÓN LENTA

Los filtros lentos son aquellos en donde el agua circula por un lecho de arena fina, lo cual provocara que la velocidad del agua sea baja por medio de la gravedad, con este proceso lo que espera es la retención de partículas de mayor diámetro que se encuentran presentes en al agua y también se adsorberá las impurezas, cabe destacar que este tipo de filtración genera muy buenos resultados cuando la carga superficial es baja lo que disminuye considerablemente la turbidez, coliformes, etc, este proceso de filtración es considerado también como perjudicial para el ambiente debido a que acumula lodos que luego son arrojados.

2.2.2. FILTRACIÓN RÁPIDA

En la filtración rápida los materiales filtrantes comúnmente utilizados son arena y grava la cual actuará como soporte, dichos materiales cumplen la función de retener las partículas de gran tamaño en la capa superior del filtro, pero a una velocidad alta por medio de la gravedad, estos filtros son utilizados en su gran mayoría cuando se cuenta con una gran carga superficial debido a que esto nos permitirá la separación de las partículas relativamente grandes, se deberá tomar en cuenta que las propiedades del agua pueden definir el diseño de un

filtro multicapas, es decir que contara con dos o más capas de materiales filtrantes y de condiciones diferentes, este tipo de filtración a comparación de la rápida constituye una tecnología limpia para el ambiente.

2.3. MECANISMOS DE FILTRACIÓN

En un filtro el agua que se tratara regularmente presenta una gran variedad de partículas en suspensión, dichas partículas podrán presentar diámetros desde 1 mm hasta inferiores a 10 mm, las partículas con un diámetro superior a los espacios del material granular serán las que queden retenidas en las aberturas que existen en el lecho por medio del mecanismo de cernido; por otro lado se debe de tomar en cuenta que las partículas con un diámetro menor que los espacios del material granular entran fácilmente en el material granular logrando así adherirse siendo esto positivo para los resultados finales (Quintero, 2015).

2.4. BIOFILTROS

Para Reyes (2016), se define a los biofiltros como una alternativa amigable para el tratamiento de agua, los mismo que se encuentran constituidos por distintos estratos filtrantes de materiales orgánicos e inorgánicos, el proceso de biofiltración es un tratamiento biológico que remueve; Coliformes Fecales, Sólidos Suspendidos, Sedimentables y Totales, DBO, Aceites y Grasas, Turbidez, dichos biofiltros se encuentran compuestos por un medio filtrante y un soporte con varias capas de diferentes materiales, su medio filtrante es la capa superior compuesta de material orgánico, el soporte por lo general cuenta de algunas capas de materiales de diferente procedencia que ayudan en el tratamiento, además de esto comúnmente posee una última capa que provee soporte y aireación al sistema asegurando la permeabilidad del Biofiltro

Los biofiltros elaborados con materiales lignocelulósicos tienen la capacidad de separar contaminantes, permitiendo su uso durante el tratamiento de aguas residuales para remover materia orgánica e inorgánica, es por ello que en el presente trabajo lo que se pretende es la utilización de los residuos de cosecha de los cultivos del maíz y cacao para ser utilizados como materia prima dentro de los biofiltros (Arce, 2017).

2.5. TIPOS DE RESIDUOS A UTILIZAR COMO MEDIOS ABSORVENTES EN LOS BIOFILTROS.

2.5.1.MAÍZ.

De acuerdo con Gaibor (2015), la tusa del maíz posee capacidades absorbentes que permiten reducir y filtrar aguas residuales con diversos contaminantes, es por esto que se han llevado a cabo investigaciones con resultados positivos y efectivos en las disminución de turbiedad y color, a continuación se describe el proceso de acondicionamiento del maíz para posteriormente ser utilizado en los biofiltros:

- a) Recolección de la muestra: la materia prima en esta caso el maíz será recolectado desde los sistemas de cultivo donde se generen residuos de cosechas
- b) Limpieza de la tusa: tras el posterior traslado de la muestra hasta los laboratorios, se procede a realizar la respectiva limpieza manual, es decir retirar todo tipo de residuo ya sean estas pelusas o basura.
- c) Lavado de la muestra: una vez realizada la limpieza de las tusas de maíz, se llevara a cabo su lavado, para lo cual se lo realizará con cloro y agua y dejara en remojo durante dos días, esto con el fin de remover cualquier sustancia o contenido de lignina y material particulado proveniente de los residuos.
- d) Secado de la tusa de maíz: las muestras ya acondicionadas deberán ser secadas en la estufa a una temperatura de 120°C durante un tiempo de 4 horas, luego de todo este proceso están lista para ser utilizadas.

2.5.1.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL MAÍZ

De acuerdo con Torres (2015), se presenta la composición química del olote o tusa de maíz:

Cuadro 2.1. Composición química del maíz.

Parámetros %	Tusa 100%
Fibra	25,99
Grasa	7,29
Proteína	3,85
Humedad	9,37
Cenizas	10,85
Celulosa	5,28
Lignina	1,57

Fuente: Torres,(2015)

2.5.2. CASCARILLA DE CACAO.

De acuerdo con Lara (2016) la cascarilla de cacao al igual que la mayoría de residuos contiene gran cantidad de fibra (celulosa, hemicelulosa, pectina y lignina), lo cual es un factor muy importante en el proceso de captación de iones metálicos y una variedad de contaminantes presentes en medios acuosos, además de presentar un bajo costo de implementación y mantenimiento, por dichas razones el cacao es también considerado como una alternativa a utilizar en calidad de medio absorbente en los sistemas de biofiltración, a continuación se describe el proceso para obtener el medio absorbente a partir de dicha cascarilla.

- a) Recolección de la cascarilla de cacao: Deberá ser recolectada dentro de un tiempo mínimo de dos días después de haber sido cortados y sacado su fruto, esto debido a que la descomposición de la mazorca de cacao se da de forma rápida con la consecuente pérdida de su humedad.
- b) Reducción del tamaño: En este paso básicamente lo que se realizará es la reducción de las cascara de la mazorca de cacao con un molino, para que pueda atravesar un tamiz de malla de 4,7 mm
- c) Modificación química de la superficie del material: Una vez reducido el tamaño se deberá introducir el material a un horno a 140°C durante 3horas y treinta minutos.

- d) Deshidratación y pérdida de volátiles: El material obtenido deberá ser tratado a 145°C durante 4 horas en una mufla con el fin de retirar materiales volátiles y la humedad que no reaccionó en la etapa anterior, dando todo esto un material con aspecto de carbón.
- e) Reducción del tamaño: El material resultante con aspecto de carbón deberá ser sometido a la reducción de su tamaño, mediante el proceso de molido hasta lograr que el material pase por un tamiz abertura de 1,4 mm
- f) Lavado con cloro y agua: El lavado se lo realizará con el fin de eliminar el residuos de lignina presente aun en la cascarilla de cacao, se deberá realizar un lavado con agua (100 ml) y cloro (1gr) hasta que el agua de lavado no presente coloración alguna y evitar la modificación del color del líquido que se espera tratar
- g) Secado del material: Se lo deberá dejar en la estufa durante un tiempo de 3 horas a temperatura de 120°C, así se conseguirá que pierda la humedad adquirida en el lavado y estará listo para ser utilizado en los biofiltros

A continuación se presenta también resultados de análisis químicos realizados por dicho autor a la cascara del cacao.

Cuadro 2.2. Composición química del cacao.

Parámetros %	%p/p
Humedad	85
Proteínas	1,07
Minerales	1,41
Grasa	0,02
Fibra	5,45
Carbohidratos	7,05
N	0,171
P	0,026
K	0,545
Pectinas	0,89

Fuente: Sanchez,(2014)

2.6. CARBÓN ACTIVADO.

Según Gonzáles (2017), El carbón activo (CA) es un material sólido preparado artificialmente, que se caracteriza por tener una estructura porosa bien desarrollada, lo que le confiere una elevada superficie específica y por tanto una alta capacidad de adsorción y retención de moléculas de otros compuestos.

El carbón activado es un producto que al igual que otros tipos de carbones forman un grupo de materiales carbonosos, el mismo que presenta una estructura y propiedades similares al grafito que son capaces de atraer moléculas de compuestos que causan color, olor o sabor indeseables en forma líquida o gaseosa (Rodríguez, 2014).

2.6.1.COMPOSICIÓN DEL CARBÓN ACTIVADO

El carbón activado en su totalidad se encuentran constituidos por micro cristales elementales, los mismos que componen estructuras bidimensionales de planos hexagonales de átomos de carbono, pero a su vez estos carecen de orden cristalográfico en la dirección perpendicular a las láminas o diferentes formas del carbón, es decir, los planos se encuentran desplazados unos respecto a otros y solapando entre sí, por lo que presentan un elevado porcentaje de la estructura altamente desordenada, por lo cual también se los denomina también como “carbones no grafiticos”. Los carbones activados, además son “no grafitizables”, es decir, debido a este ordenamiento al azar de las capas (Martínez, 2012).

2.6.2.ACTIVACIÓN DEL CARBÓN ACTIVADO.

Para Castro (2009), en los procesos de producción de carbones activados, existen básicamente, dos tipos de activación: el conocido como la activación física (también llamada térmica) y la activación química.

La activación física generalmente se lleva a cabo en dos etapas:

- a) La carbonización del precursor, esta etapa es de suma importancia cuando se trabaja con materiales de origen orgánico, para eliminar productos volátiles para dar lugar a un esqueleto carbonoso con una estructura porosa rudimentaria

- b) La gasificación controlada del carbonizado bajo una atmósfera oxidante tal como dióxido de carbono, vapor de agua u oxígeno. En esta etapa se elimina selectivamente los átomos más reactivos de la estructura carbonosa aumentada, por tanto, el volumen de poros y el área superficial específica. Ambos procesos se realizan habitualmente a temperaturas que oscilan entre 600 y 900°C.

El segundo método, la activación química, consiste en poner el precursor carbonoso con un agente activador, este se lo realiza en materiales de origen orgánico que están constituidos por moléculas de celulosas, tras lo cual se lleva a cabo un tratamiento térmico entre 400 y 800°C bajo una atmósfera inerte para generar porosidad (Prías, 2015), los agentes comúnmente utilizados son $ZnCl_2$, KOH y H_3PO_4 , los mismo que determinaran el grado de activación de acuerdo con su aplicación (TESACUA S.L., 2015).

2.6.3. TIPOS DE POROS DEL CARBÓN ACTIVADO

Según Gállego (2016), carbón activado tiene una gran variedad de tamaños de poros los mismo que se pueden clasificar de acuerdo a su función, en poros de adsorción y de transporte

- c) Los poros de adsorción consisten en espacios entre placas gráficas con una pequeña separación de entre una y cinco veces el diámetro de la molécula que se espera retener, en la mayoría de los casos ambas placas del carbón están lo suficientemente cerca para ejercer atracción sobre el adsorbato y retenerlo con mayor fuerza.
- d) Los poros mayores a los de adsorción son los de transporte, presentan un rango muy amplio de tamaños que van desde las grietas que están en el límite detectable para la vista y que corresponden a 0.1 mm, en esta clase de poros solo una placa ejerce presión haciendo así que su fuerza sea menos al momento de retener las partículas

Otra clasificación de los poros, es la de la IUPAC (Unión Internacional de Química Pura y Aplicada 2016), que radica en el diámetro del mismo, estos pueden ser:

- a) Micro poros: menores a 2mm
- b) Meso poros: entre 2 y 50mm

- c) Macro poros: entre 50 y 100000mm

2.6.4. APLICACIONES DEL CARBÓN ACTIVADO.

Para Plaza (2015), el carbón activado es un material que presentan un sin número de aplicaciones tanto en polvo como granular en medio líquido y gaseoso esto debido a sus características.

En las aplicaciones más comunes o importantes del carbón activado es la que se da en medios líquidos, esta abarca funciones como:

- a) La decoloración de licores de azúcar
- b) En la parte ambiental es una tecnología muy utilizada para potabilización de aguas (eliminación de olor, color, sustancias químicas, bacterias, tratamientos de aguas residuales)
- c) Decoloración de aguas para su uso en la fabricación de bebidas refrescantes
- d) Decoloración y mejora de bebidas alcohólicas (vinos, rones)
- e) Purificación de grasas y aceites comestibles
- f) Purificación de proteínas, como medicamento en la desintoxicación de personas, purificación de plasma sanguíneo
- g) Separación de elementos metálicos (oro, plata), entre otras.

2.7. TRATAMIENTO DE AGUAS MEDIANTE CARBÓN ACTIVADO

Ante la demanda de tratamientos eficientes de agua el carbón activado es una alternativa muy eficaz la cual se realiza con el objetivo de optimizar la calidad física, química y bacteriológica del agua procedente de los puntos de toma, a fin de que esta sea apta para el consumo, inocua y aprovechable para el hombre y demás usos que se le da en la vida cotidiana y cuyo tratamiento debe incidir en los siguientes aspectos básicos (Flores, 2014)

Para Orellana (2005), los tratamientos de agua con diferentes tecnologías se realizan con el fin de mejorar la calidad del agua en los siguientes aspectos:

- a) **Higiene:** Reducir o eliminar las bacterias presentes en el agua y demás parásitos u otros agentes patógenos , como a su vez la excesiva mineralización o materias orgánicas que pueden originar trastornos

fisiológicos de diferente orden y agregar sustancias que aminores o reducen el desarrollo de ciertos trastornos orgánicos propios de los consumidores.

- b) **Estético:** Dentro de este se encuentran características del agua tales como son como color, olor, turbiedad y sabor, que son los que más impresiona al público consumidor, y aunque no constituyen un problema que afecte la salud pública, deben reducirse su concentración para que el público no las rechace.
- c) **Económico:** Se trata del efecto corrosivo que posee el agua en ciertas ocasiones que afecta a las tuberías o cañerías reduciendo su vida útil.

Según QuimiNet (2014), el tratamiento de agua mediante la utilización de carbón activado provee mejoras notorias en los procesos en donde es necesaria una adecuada purificación a través del fenómeno de adsorción mediante el cual los carbones activados son muy eficiente para remover las impurezas orgánicas que proporcionan color, olor, sabor, cloro, THM'S, cloraminas, ácido sulfhídrico entre otros

2.8. FILTROS DE CARBÓN ACTIVADO PARA AGUA

Ante las nuevas tecnologías para el tratamiento de agua la implementación de filtros de carbón activado se presentan como una tecnología amigable y eficaz, el carbón activado es un gran absorbente de compuestos aromáticos, hidrocarburos, detergentes, pesticidas, tintes solubles, disolventes clorados, fenoles y derivados de grupos hidroxilo y es muy eficaz en la eliminación de compuestos tóxicos presentes en el agua (Gedar, 2012).

Para Sanchez (2013), los filtros de carbón activado se utilizan siempre como parte de un sistema de extracción y tratamiento para limpiar aguas subterráneas, de río, lago, pozo, manantial, aguas municipales o agua salobre, se debe de tomar en cuenta que las partículas más pequeñas de carbón activado presentan una mayor tasa de absorción y a su vez en conjunto con el tamaño de las partículas a filtrar influyen en la vida y capacidad de filtración del filtro de carbón activado

De acuerdo con Suárez (2014), para el dimensionamiento de los filtros de carbón activado se deberá determinar la capacidad de carbón activado

necesaria para reducir la concentración de sólidos suspendidos, con la cantidad de carbón activado calculada se determina el volumen que ocuparía en el filtro. Para determinar el área de filtración y diámetro del filtro se utiliza las siguientes ecuaciones. Además, se calcula la altura del filtro con la ecuación 2.3:

$$A = \frac{V_{ca}}{h} \quad [2.1]$$

$$D = \sqrt{\frac{4xA}{\pi}} \quad [2.2]$$

$$H = 3 \times h \quad [2.3]$$

Dónde:

- V_{ca} : Volumen de carbón activado (m^3)
- A : Área de filtración (m^2)
- h : Altura del lecho de carbón activado (m)
- D : Diámetro del filtro (m)
- H : Altura del filtro (m)

2.8.1. PARÁMETROS DE DISEÑO DEL FILTRO

Según Cecen (2011), los parámetros principales para diseñar un sistema de filtración son el tiempo de contacto y la velocidad lineal.

Por su parte Noboa (2008), afirma que el tiempo de contacto a utilizar es de 8 y 12 minutos, mientras que Cecen (2011), sostiene una versión en la que el tiempo de contacto superficial se encuentra entre 6 y 30 minutos. Esto también puede variar ya que cuando el volumen de los medios filtrantes varía lo hace consigo la tasa de flujo y el tiempo de contacto, esto se puede calcular con la ecuación 2.4 (Bravo y Garzon, 2017)

$$TC = \frac{VCA}{ts} \quad [2.4]$$

Dónde:

- T_C = tiempo de contacto (min)
- V_{CA} = volumen del carbón activado (m^3)

- T_f = tasa de flujo (m^3/h)

El valor de la velocidad lineal puede variar entre 5 y 20 m/h (Hendricks, 2010)

$$v_l = \frac{t_f}{A_s} \quad [2.5]$$

Dónde:

- v_l =velocidad lineal (m/h)
- t_f =tasa de flujo (m^3/h)
- A_s =área superficial (m^2)

Cuadro 2. 3. Parámetro de diseño.

PARÁMETRO	CANTIDAD	UNIDAD
Velocidad lineal	2-8	m/h
Tiempo de contacto	10-30	Min
Diámetro	50 a 300	Cm
Área de filtración	0,2-7	m^2
Caudales	0,01 a 100	m^3/h
materiales de buque	Acero inoxidable
Profundidad del lecho	1 a 10	M
Medios de filtración	Carbón activado granular	G
Renovación	1-32	Semana

Fuente: (Lenntech , 2016)

2.9. RESIDUOS AGROINDUSTRIALES O DE CULTIVOS

De acuerdo con Arce (2017), los residuos o subproductos agroindustriales son los materiales en estado sólido o líquido que se generan a partir del consumo directo de productos primarios o de su industrialización, los mismos que no son de utilidad posteriormente para la cadena de producción como materia prima y que pueden afectar al medio ambiente.

Los altos costos económicos que se presentan al momento de la disposición adecuada de los residuos agroindustriales es una de las razones por la que estos se transforman en un problema ambiental, la generación de dichos residuos puede ser de forma sólida, líquida y/o gaseosa, constituyendo así focos potenciales de contaminación y riesgo para la salud, si no son reutilizados o procesados apropiadamente (Vargas, 2018).

Para Foereid (2015), la industria agrícola es una de las principales fuentes de generación de residuos sólidos (tallos, hojas, etc.), para el tratamiento de dichos residuos en la actualidad existen un sin número de tecnologías novedosas tales como la adsorción, carbón activado, zeolitas, alúmina activada, también se pueden utilizar adsorbentes de desechos de trigo, arroz, coco, cacahuate y café, entre otros con el fin de aprovechar los residuos de una manera sustentable y para mitigar y conservar la calidad del ambiente.

2.10. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA

De acuerdo con Orellana (2005), el agua contiene varias sustancias químicas y biológicas disueltas o suspendidas en ella, además el agua contiene organismos vivos que reaccionan con sus elementos físicos y químicos por lo que es forzoso tratarla para hacerla adecuada para su uso como provisión a la urbe, en la provisión de agua se debe tener específico cuidado con los:

- a) Sabor y olor
- b) Color
- c) Sólidos solubles e insolubles
- d) Turbiedad
- e) Temperatura
- f) pH

Para el desarrollo del trabajo de investigación se realizaran muestras a partir de aguas residuales de la acuicultura.

Para Guerra (2013), dentro de las primordiales características del agua de la actividad acuícola se destaca la dominante cantidad de materia orgánica y nutrientes (como fósforo y nitrógeno) en los efluentes, los mismo que podrían afectar los cuerpos de agua receptoras a esto se le suma la gran cantidad de sólidos suspendidos generados a partir de los residuos de alimentos de los peces

2.11. AGUA RESIDUALES DE ACUAPONÍA

Para la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2015), la acuaponía es la unión de la acuicultura + hidroponía, la misma que abarca todos los tipos de explotación de animales

acuáticos y plantas de agua dulce, agua salobre y agua salada, con el objetivo de conseguir una producción controlada de bienes alimenticios (animales acuáticos y plantas que crecen en el agua) para mejorar el abastecimiento del consumo, no obstante al igual que muchas actividades de producción esta genera impactos negativos al ambiente, como lo es el consumo excesivo de agua, la generación de residuos sólidos y líquidos, los mismos que pueden modificar o alterar los cuerpos de agua receptores

Dentro de las principales características de las aguas residuales de la práctica de acuaponía se pueden identificar claramente el gran enriquecimiento de materia orgánica con altas concentraciones de nitrógeno y fósforo, a esto sumado también el alto contenido de nutrientes y sólidos en suspensión producto del alimento no ingerido y por las heces de los organismos que se cultivan, lo cual puede afectar cuerpos de agua receptores (lagunas, ríos, esteros y marismas) dependiendo de la especie, el método de cultivo, la alimentación y las condiciones hidrográficas (Solís, 2014)

2.12. MÉTODOS ESTADÍSTICOS

El diseño estadístico de experimental incluye un conjunto de técnicas de análisis y un método de construcción de modelos estadísticos, las investigaciones y en particular los diseños experimentales intentan establecer básicamente relaciones causa-efecto más específicamente, cuando se desea estudiar como una variable independiente (causa) modifica una variable dependiente (efecto) (Sanchez G. , 2008).

Según Lara (2010), el análisis de la varianza o abreviadamente ANOVA (del inglés analysis of variance) es un procedimiento estadístico que permite dividir la variabilidad observada en componentes independientes que pueden atribuirse a diferentes causas de interés.

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

El presente trabajo de titulación se desarrolló en la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”, en el sitio “El Limón”, en la ciudad de Calceta, del cantón Bolívar, provincia de Manabí, específicamente en los laboratorios del área agroindustrial.

Cuadro 3.0.1. Coordenadas de ubicación

LABORATORIOS DEL ÁREA AGROINDUSTRIAL DE LA ESPAM “MFL”	
(fase experimental)	
Latitud Sur	39"
Longitud Oeste	80° 9 " 33 "
Altitud (msnm)	20 msnm en tierras bajas
Temperatura promedio anual (°C)	25,5
Precipitación promedio anual (mm)	1300

Fuente: Zambrano (2019)

3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO

El presente trabajo de titulación tuvo una duración de 9 meses, a partir de la aceptación del proyecto de tesis.

3.3. MÉTODOS

El método utilizado en la presente investigación fue el experimental con un diseño completamente al azar (DCA), por medio del mismo se procedió al estudio de los factores especificados, como también se creó una hipótesis y se dedujeron consecuencias, además de comprobar el nivel de remoción

3.3.1. FACTOR EN ESTUDIO

El factor en estudio es % de residuos del cultivo de maíz y cacao.

Cuadro 3.2. Combinaciones de los niveles.

Nivel	Cantidad % Maíz	Cantidad % Cacao	Agua (L)
T ₁	90%	10%	1
T ₂	25%	75%	1
T ₃	75%	25%	1
T ₄	50%	50%	1

Fuente: Zambrano (2019)

3.4. TRATAMIENTOS

Se realizaron cuatro tratamientos; para los mismos que se hicieron tres repeticiones, de un total equivalente de 12 unidades experimentales, dichos tratamientos fueron en combinaciones de residuos de maíz y cacao con el fin de complementar la eficiencia de los tratamientos

Cuadro 3. 3. Tratamientos.

N° de tratamientos	Factor T
1	T ₁
2	T ₂
3	T ₃
4	T ₄

Fuente: Zambrano (2019)

3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

Cuadro 3.4. Delineamiento experimental.

Diseño experimental	Diseño Completamente Aleatorizado (DCA)
Número de tratamientos	4
Número de repeticiones	3
	Cantidad de residuos%
	1. 90% Maíz + 10% Cacao
Niveles	2. 25% Maíz + 75% Cacao
	3. 75% Maíz + 25% Cacao
	4. 50% Maíz + 50% Cacao

Fuente: Zambrano (2019)

3.6. ESQUEMA DE ANÁLISIS DE VARIANZA

Cuadro 3.5. Análisis de varianza.

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	11
Tratamiento	3
Replicas	2
Error Experimental	6

Fuente: Zambrano (2019)

3.7. UNIDAD EXPERIMENTAL

Cuadro 3.6. Descripción de las unidades experimentales.

Unidad Experimental	Nomenclatura	Combinaciones			
		Residuos de cultivo de Maíz%	Residuos de cultivo de Cacao %	Cantidad de materia orgánica (g)	Agua
X ₁ R ₁	T ₁	90	10	200	1L
X ₁ R ₂	T ₁	90	10	200	1L
X ₁ R ₃	T ₁	90	10	200	1L
X ₂ R ₁	T ₂	25	75	200	1L
X ₂ R ₂	T ₂	25	75	200	1L
X ₂ R ₃	T ₂	25	75	200	1L
X ₃ R ₁	T ₃	75	25	200	1L
X ₃ R ₂	T ₃	75	25	200	1L
X ₃ R ₃	T ₃	75	25	200	1L
X ₄ R ₁	T ₄	50	50	200	1L
X ₄ R ₂	T ₄	50	50	200	1L
X ₄ R ₃	T ₄	50	50	200	1L

Fuente: Zambrano (2019)

3.8. VARIABLE A MEDIR

3.8.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

X₁: % Residuo maíz

R₁: % Residuo cacao

3.8.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Remoción de sólidos suspendidos en agua

3.9. PARÁMETROS

Cuadro 3.7. Indicadores.

Indicadores	Unidades
Turbidez	NTU
Color	UCV escala Pt/Co
pH	Unidades de pH
Sólidos Disueltos Totales	mg/L
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L

Fuente: Zambrano (2019)

3.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizaron dos tipos de análisis estadísticos en InfoStat versión 2008

- Análisis de la Varianza de un factor (ANOVA)

- Prueba de Tukey
- Se realizaron bases de datos en Microsoft Excel versión 2013:
- Se realizaron gráficos estadísticos mediante el software statgraphics versión 17.

3.11. PROCEDIMIENTOS

El procedimiento de la investigación se desarrollo es en base a los objetivos específicos.

3.11.1. FASE I. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL EN LA DESCARGA DE UNA ACTIVIDAD CAMARONERA

Para llevar a cabo este objetivo se desarrollaron las siguientes actividades

ACTIVIDAD 1. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE AGUA

Para la recolección de la muestra de agua a utilizar se aplicó métodos estándar para la toma de muestras de aguas residuales, los mismo que consistieron en la definición del punto de muestro, definición de muestras, toma y el respectivo traslado, a su vez también nos permitió tomar ciertas pautas para los análisis en laboratorio, dicha muestra se la tomo en un envase limpio de 12 lt de polipropileno, en el efluente de la actividad acuícola ubicada en la comunidad San Antonio perteneciente al cantón Chone, culminada la etapa de crianza

ACTIVIDAD 2. CARACTERIZACIÓN DE MUESTRAS DE AGUA

Para la caracterización de las muestras extraídas de las piscinas camaroneras se efectuaron análisis para determinar las condiciones iniciales del agua, los indicadores a medir fueron sólidos suspendidos totales y sólidos disueltos totales, turbidez, color y pH, empleando los siguientes métodos:

Cuadro 3.8. Parámetros de análisis.

PARÁMETRO	MÉTODO
Sólidos Disueltos Totales	Gravimetría
Sólidos Suspendidos totales	Gravimetría
Turbidez	Turbidimetría
Color	Espectrofotometría
pH	Potenciómetro

Fuente: Zambrano (2019)

3.11.2. FASE II. APLICACIÓN DE DIFERENTES VOLÚMENES DE RESIDUOS DE MAÍZ Y CACAO EN FILTROS PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA

ACTIVIDAD 3. DISEÑO DE FILTROS

Para el diseño de los filtros se determinó el adecuado dimensionamiento de los filtros, aplicando la metodología propuesta por Suárez (2014), para la determinación del área de filtración utilizamos la ecuación 2.3 y respectivamente el diámetro del filtro con la ecuación 2.4 complementando el diseño con el cálculo de la altura del filtro aplicando la ecuación 2.5.

Para proceder a la construcción del filtro se efectuaron los siguientes pasos siguiendo la metodología propuesta por Bravo y Garzon (2017).

- a) Se perforaron 2 tapas ciegas (3 pulgadas) con un diámetro de $\frac{1}{2}$ pulgada, donde colocamos conectores de $\frac{1}{2}$ pulgada a cada tapa, además cortamos el tubo (3 pulgadas) a 25 cm de largo y fue en las tapas ciegas perforadas.
- b) Se colocó malla encima del conector ubicado en la parte inferior del filtro para dar forma de coladera, encima de la malla se ubicó los diferentes materiales filtrantes, se colocó una malla por cada material.
- c) Se dispuso un tubo ($\frac{1}{2}$ pulgada) de 25 cm en el conector de la parte superior de la tapa ciega y se colocó un codo en el tubo ($\frac{1}{2}$ pulgada) ubicado en la parte inferior y encima del tubo ($\frac{1}{2}$ pulgada) de 25 cm.
- d) En la salida de los codos se colocaron tubos ($\frac{1}{2}$ pulgada) de 5 cm con cinta teflón para tener mayor impermeabilidad.
- e) Se colocaron válvulas de $\frac{1}{2}$ pulgada al final cada tubo ($\frac{1}{2}$ pulgada) de 5 cm, después debimos colocar otro pedazo de tubo de $\frac{1}{2}$ pulgada en las válvulas.
- f) Se procedió a colocar un codo en la parte final de cada tubo de $\frac{1}{2}$ pulgada, la salida del codo ubicado en la parte inferior quedo hacia abajo y el codo de la parte superior hacia arriba
- g) Para la construcción del recipiente donde se colocó el agua, se cortó un tubo de (4 pulgadas) a 20 cm de largo, luego se perforamos una tapa ciega (4 pulgadas), se tuvo que acoplar un conector de $\frac{1}{2}$ pulgada el mismo que se ensambló al tubo cortado en la tapa

- h) Finalmente se acoplo el codo ubicado en la parte superior al conector de la tapa ciega (4 pulgadas).

El dimensionamiento de los 12 filtros se lo hizo de forma homogénea para que no existan alteraciones durante los tratamientos y para su correspondiente montaje de las unidades experimentales se construyó un soporte metálico.

ACTIVIDAD 4. APLICACIÓN DE DISEÑO COMPLETAMENTE ALEATORIZADO (DCA)

El diseño experimental aplicado fue un diseño completamente aleatorizado, el mismo que consistió en el desarrollo de 4 tratamientos con 3 réplicas obteniendo al final 12 unidades experimentales, en las mismas que se aplicaron distintas cantidades de residuos de maíz y cacao, luego de la construcción de los filtros en la actividad número 3.

ACTIVIDAD 5. CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE REMOCIÓN DEL BIOFILTRO

Para proceder a realizar los cálculos de los porcentajes analizados se adoptó la ecuación 3.1, planteada por Chuchón y Aybar (2008), y se proyectaron en gráficos estadísticos:

$$\%Remoción = \frac{VP_i - VP_f}{VP_i} \times 100 \quad [3.1]$$

Dónde:

- % Remoción
- P_i = Parámetro inicial
- P_f = Parámetro final

ACTIVIDAD 6. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Una vez determinado el cálculo de remoción de los biofiltros se procedió a realizar los análisis estadísticos, los mismos que fueron análisis de varianza de un factor (ANOVA) y gráficos estadísticos realizados en el statgraphics.

3.11.3. FASE III. ANÁLISIS DE COSTO DEL TRATAMIENTO MÁS EFICIENTE

Una vez determinado el tratamiento más eficiente, se efectuaron los análisis de costo del mismo para generar un presupuesto, en este procedimiento se

tomaron en cuenta todos los gastos generados durante el proceso de acondicionamiento de los materiales filtrantes orgánicos e inorgánicos, además de la construcción de la unidad experimental.

En la metodología propuesta por Vinza (2012), se tomaron en cuenta factores de producción como son:

- Materia prima
- Mano de obra directa
- Gasto de producción

La ecuación a utilizada fue:

$$CP = (Mp + Mod + Gp) \quad [3.2]$$

Dónde:

- CP = Costo de producción
- Mp = Materia prima
- Mod = Mano de obra directa
- Gp = Gasto de producción

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL EN LA DESCARGA DE UNA ACTIVIDAD CAMARONERA

La recolección de la muestra del efluente de una actividad acuícola se realizó en la comunidad, San Antonio perteneciente al cantón Chone, se lo realizo mediante la toma de una muestra simple. En su caracterización (Anexo 1-A) inicial se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 4.1. Resultados caracterización de muestra de agua

Indicadores	Método	Resultados	Unidades
Sólidos Disueltos Totales	Gravimetría	6.400	mg/l
Sólidos Suspendidos totales	Gravimetría	90	mg/l
Turbidez	Turbidimetría	104	NTU
Color	Espectrofotometría	170	Pt/Co
pH	Potenciómetro	7,95	-

Fuente: Zambrano (2019)

En el cuadro 4.1 se muestra los resultados obtenidos en la caracterización del agua residual de la actividad camaronera para los diferentes parámetros evaluados (Anexo 1-C), se obtuvo un valor de 6.400 mg/l para sólidos disueltos totales, los sólidos suspendidos totales reflejaron 90 mg/l (anexo 1-B), la turbidez alcanzo el valor de 104 NTU, el color 170Pt/Co y el pH 7,95. (Delgado, 2010) Y (Campoverde, 2009) manifiestan valores similares para el parámetro de pH con rangos de 7,8 – 8,0. En lo concerniente al parámetro de turbidez se encontraron valores similares a (Quirola, 2008) con un valor promedio de 120 NTU. (Muñoz, 2017) En un estudio realizado sobre la caracterización fisicoquímica del efluente de la actividad camaronera encontró valores de 7.499 mg/l, dicho dato supera el encontrado en la caracterización del presenta estudio, especificando que la magnitud de crianza que abarca la camaronera en estudio es de menor escala por lo cual las cantidades de materia orgánica, residuos de alimentos y compuestos químicos serán menores.

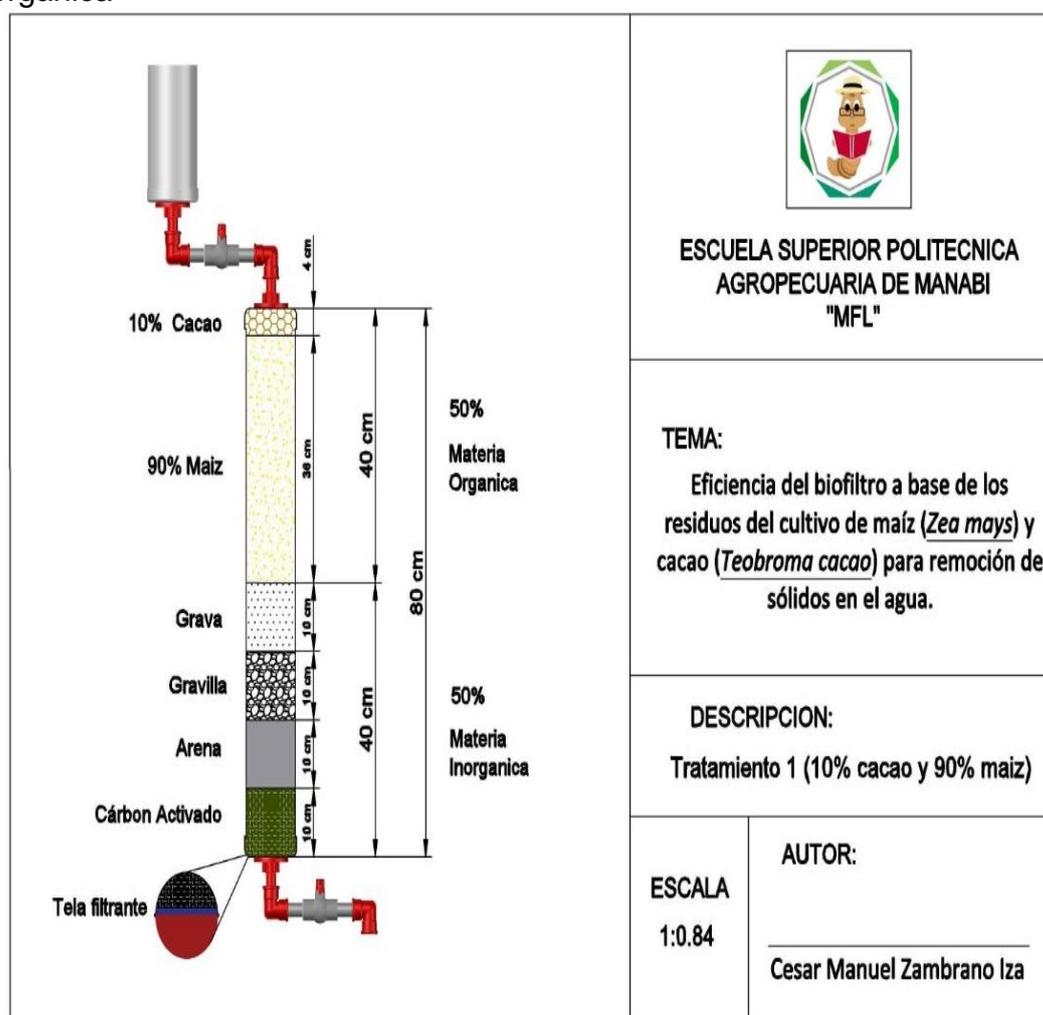
APLICACIÓN DE DIFERENTES VOLÚMENES DE RESIDUOS DE MAÍZ Y CACAO EN FILTROS PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA

Una vez recolectados y procesados los principales residuos orgánicos (Anexo 2-A Y 2-B) e inorgánicos a utilizarse en las proporciones de los biofiltros se diseñaron los tratamientos con las diferentes proporciones definidas en el cuadro 3.6.

4.1.1. ESQUEMATIZACIÓN DE LOS BIOFILTROS

En la imagen 1 se ilustra el esquema de las proporciones utilizadas en el tratamiento 1, enfatizando que se lo realizó de acuerdo a la altura del filtro y a sus parámetros de diseño especificados en el cuadro 2.3, a continuación se representa lo anteriormente mencionado.

Figura 4.1. (Tratamiento 1), con las proporciones de materia orgánica e inorgánica

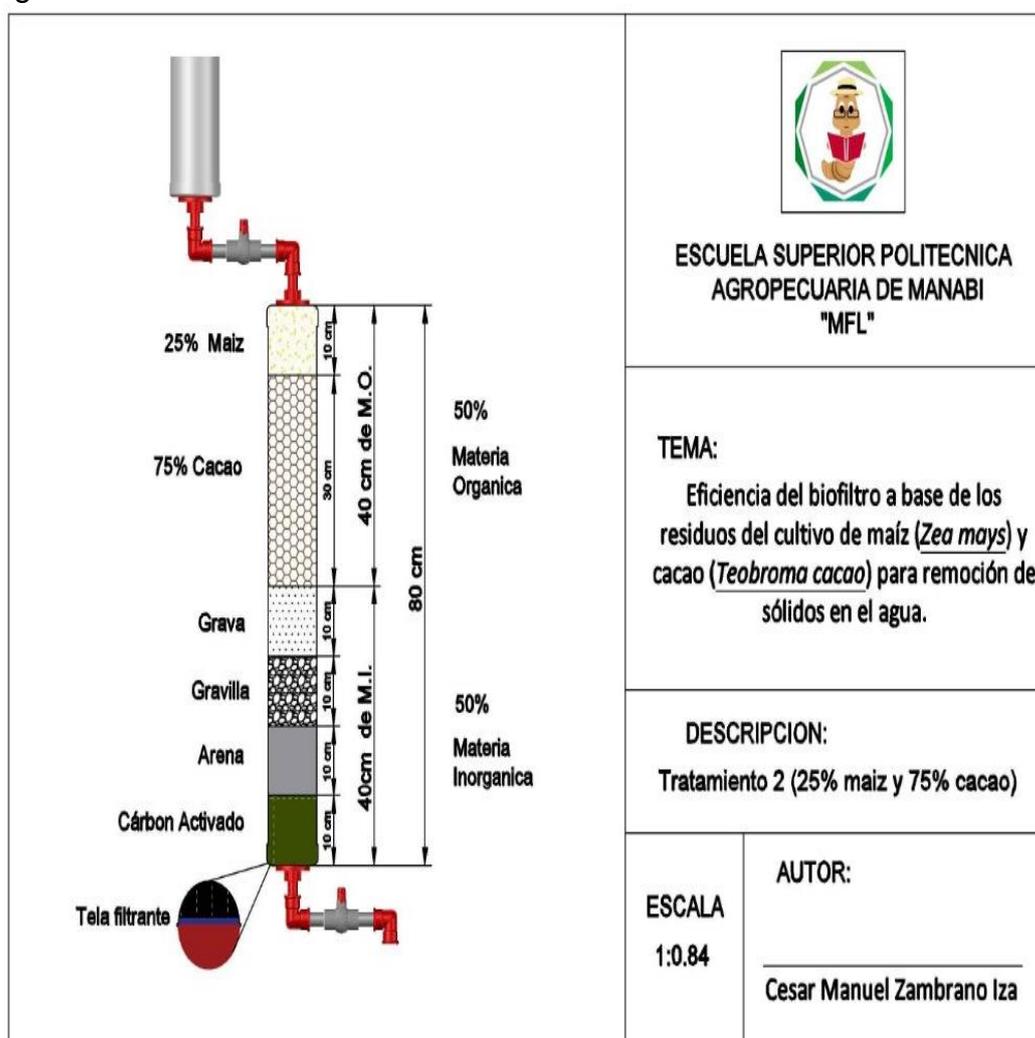


Fuente: Zambrano (2019)

En la figura 4.1. Se observa la composición y características del tratamiento 1, la unidad experimental se encuentra básicamente construida a base de un tubo

pvc con una medida de 80cm de altura y un diámetro de 10cm, complementadas por las uniones y llaves con medidas de ½ pulgada, adicional a eso se construyó un reservorio en la parte alta para el almacenamiento del líquido con una altura de 30cm y 10cm de diámetro. Su composición se encuentra dividida en un 50% de materia orgánica equivalente a 40cm de altura la misma que contempla las proporciones 90% maíz (36cm) y 10% cacao (4cm), en la parte baja del biofiltro que corresponde al 50% restante es decir 40cm se encuentra ubicada la materia inorgánica, conformada por grava (10cm), gravilla (10cm), arena (10cm) y carbón activado (10cm).

Figura 4.2. (Tratamiento 2), con las proporciones de materia orgánica e inorgánica

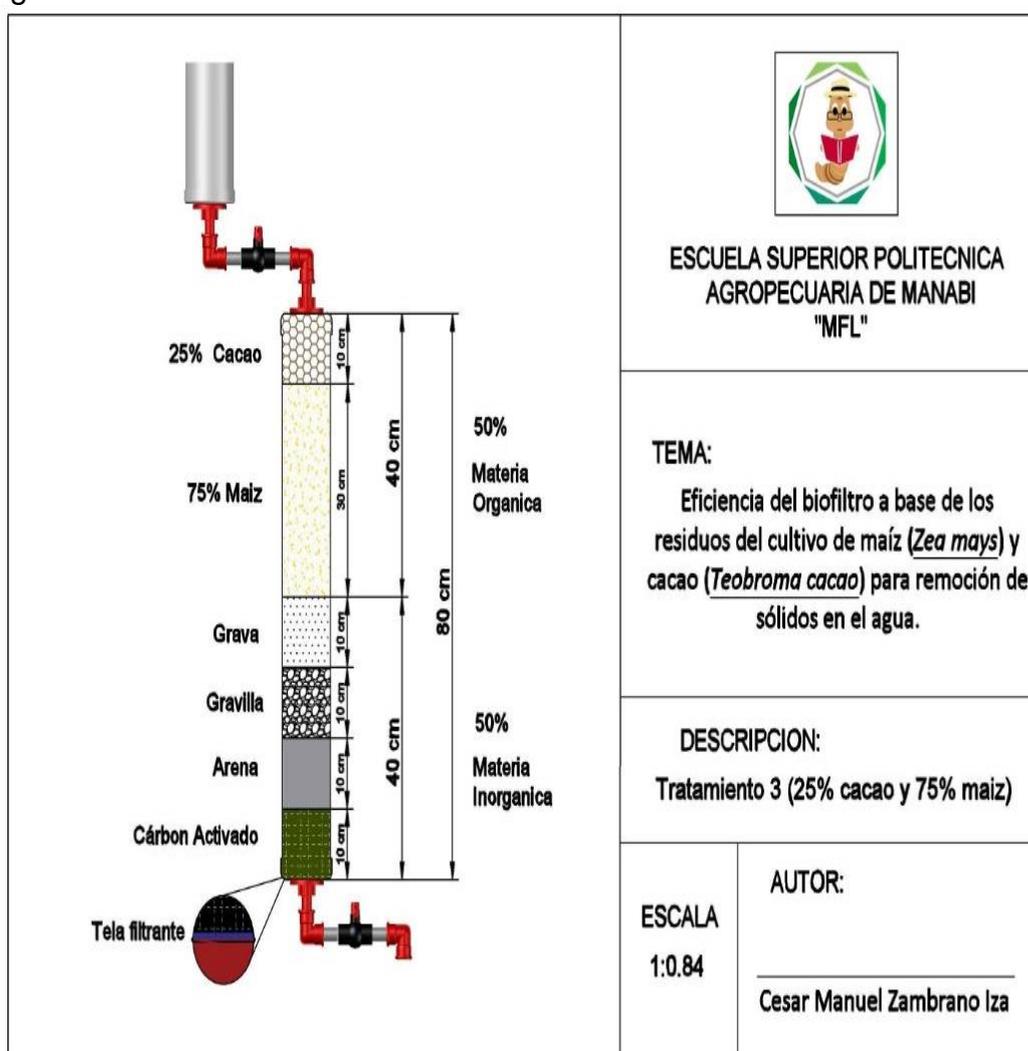


Fuente: Zambrano (2019)

La figura 4.2. Muestra la composición y características del tratamiento 2, la unidad experimental se encuentra esencialmente montada a base de un tubo pvc con una medida de 80cm de altura y un diámetro de 10cm, mejoradas por

las uniones y llaves con medidas de $\frac{1}{2}$ pulgada, adicional a eso se construyó un reservorio en la parte alta para el almacenamiento del líquido con una altura de 30cm y 10cm de diámetro. La composición se encuentra dividida en un 50% de materia orgánica equivalente a 40cm de altura la misma que contempla las proporciones 25% maíz (10cm) y 75% cacao (30cm), en la parte baja del biofiltro que corresponde al 50% restante es decir 40cm se encuentra ubicada la materia inorgánica, conformada por grava (10cm), gravilla (10cm), arena (10cm) y carbón activado (10cm). Cabe destacar que dichas proporciones se mantendrán en todos los tratamiento.

Figura 4.3. (Tratamiento 3), con las proporciones de materia orgánica e inorgánica

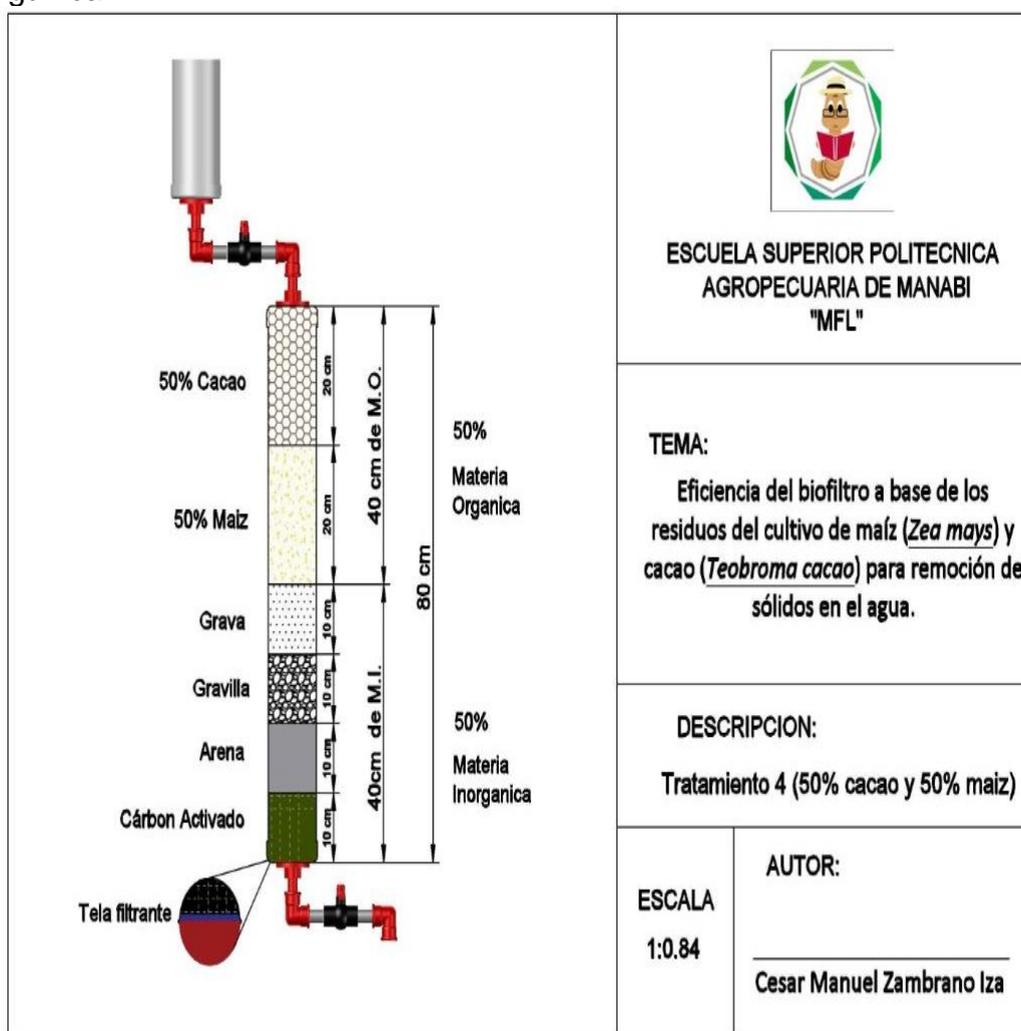


Fuente: Zambrano (2019)

La figura 4.3. Axioma la composición y características del tratamiento 3, la unidad experimental se encuentra montada a base de un tubo pvc con una

medida de 80cm de altura y un diámetro de 10cm, perfeccionadas por las uniones y llaves con medidas de ½ pulgada, adicional a eso se construyó un reservorio en la parte alta para el almacenamiento del líquido con una altura de 30cm y 10cm de diámetro. La composición se encuentra dividida en un 50% de materia orgánica equivalente a 40cm de altura la misma que contempla las proporciones 75% maíz (30cm) y 25% cacao (10cm), en la parte baja del biofiltro que corresponde al 50% restante es decir 40cm se encuentra ubicada la materia inorgánica, conformada por grava (10cm), gravilla (10cm), arena (10cm) y carbón activado (10cm).

Figura 4.4. (Tratamiento 4), con las proporciones de materia orgánica e inorgánica



Fuente: Zambrano (2019)

En la figura 4.4. Se muestra la composición y características del tratamiento 4, la unidad experimental se encuentra montada a base de un tubo pvc con una medida de 80cm de altura y un diámetro de 10cm, perfeccionadas por las

uniones y llaves con medidas de ½ pulgada, adicional a eso se construyó un reservorio en la parte alta para el almacenamiento del líquido con una altura de 30cm y 10cm de diámetro. La composición se encuentra dividida en un 50% de materia orgánica equivalente a 40cm de altura la misma que contempla las proporciones 20% maíz (20cm) y 20% cacao (20cm), en la parte baja del biofiltro que corresponde al 50% restante es decir 40cm se encuentra ubicada la materia inorgánica, conformada por grava (10cm), gravilla (10cm), arena (10cm) y carbón activado (10cm).

4.2.2. PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE LA TURBIDEZ.

Caracterizada la turbidez de la muestra inicial y de las unidades experimentales se obtuvo la remoción de los biofiltros. (Anexo 3). Para llevar a cabo el cálculo de la remoción se trabajó con 1L de muestra y el tiempo de filtración fue de 1 min y 50 sg, esto se debe a que son procesos de filtración rápida.

Cuadro 4.2. Porcentaje de remoción de Turbidez.

Tratamiento	Repeticiones	Tratamientos	% de Remoción
T ₁	1	T ₁ R ₁	84
	2	T ₁ R ₂	74
	3	T ₁ R ₃	79
	Eficiencia		79%
T ₂	1	T ₂ R ₁	88
	2	T ₂ R ₂	90
	3	T ₂ R ₃	85
	Eficiencia		87%
T ₃	1	T ₃ R ₁	85
	2	T ₃ R ₂	86
	3	T ₃ R ₃	87
	Eficiencia		86%
T ₄	1	T ₄ R ₁	95
	2	T ₄ R ₂	96
	3	T ₄ R ₃	94
	Eficiencia		95%

Fuente: Zambrano (2019)

En el cuadro 4.2, se detallan los porcentajes de remoción obtenidos en los diferentes tratamientos aplicados para el parámetro de turbidez (Anexo 3-A), obteniéndose que el tratamiento que presentó mayor remoción fue el T₄ (20% maíz – 20% cacao), con un 95% de eficiencia, mientras el tratamiento T₃ (75% maíz – 25% cacao) alcanzó una 79% de eficacia. Los resultados obtenidos superan los alcanzados por (Cruz, 2014), en el tratamiento complementario de

agua potable utilizando residuos de maíz para la remoción de la turbidez, en la misma que se obtuvieron porcentajes de remoción que oscilan entre 46,9 y 68,9%. (Carrasquero, 2017) Mediante la aplicación de residuos orgánicos para la clarificación de aguas obtuvo resultados inferiores a los obtenidos en el presente estudio con un porcentaje de remoción de 90% respectivamente aplicando dosis diferentes y en varias repeticiones, a su vez el autor citado asemeja la remoción a las composiciones de los residuos debido a que poseen almidón en su composición, aportando átomos poliméricos de alto peso molecular ajustadas por largas cadenas de iones, que pueden adsorber químicamente las partículas coloidales en uno o más puntos fijos de adsorción, dejando el resto de la cadena libre, de forma que consiga flotar en el líquido y adherirse a su vez a otro coloide, formando así un puente molecular que une una partícula con otra. De acuerdo con Ramírez (2015), la mayoría de los extractos utilizados como medios filtrantes naturales de gran eficiencia se derivan de semillas, hojas, cortezas o savia, raíces y de frutas, extraídos de árboles y de plantas.

Cuadro 4.3. Porcentaje de remoción de Color

Tratamiento	Repeticiones	Tratamientos	% de Remoción
T ₁	1	T ₁ R ₁	85
	2	T ₁ R ₂	85
	3	T ₁ R ₃	85
Eficiencia			85%
T ₂	1	T ₂ R ₁	85
	2	T ₂ R ₂	84
	3	T ₂ R ₃	84
Eficiencia			84%
T ₃	1	T ₃ R ₁	45
	2	T ₃ R ₂	31
	3	T ₃ R ₃	25
Eficiencia			33%
T ₄	1	T ₄ R ₁	25
	2	T ₄ R ₂	25
	3	T ₄ R ₃	56
Eficiencia			35%

Fuente: Zambrano (2019)

En el cuadro 4.3. Se presentan los resultados de la remoción de color (Anexo 3-B). Aplicado los tratamientos correspondientes se denoto una remoción del 84% en el tratamiento T₂ (25% maíz – 75% cacao), el T₃ (75% maíz – 25% cacao) con un 69% (T₃), 35% para el tratamiento (20% maíz – 20% cacao) y

para el T₁(90% maíz – 10% cacao) la remoción fue de 85% siendo mayor a las demás pero no al 100% con el valor menor a 25 Pt/Co, no obstante, es necesario recordar que este parámetro de calidad del agua no solo está asociado a las sustancias en suspensión sino también a las sustancias disueltas que se encuentren en la misma. (Gaibor, 2015) Presenta resultados afines en la remoción del color con un porcentaje de 76,46% y a su vez mantiene que la remoción del color mediante residuos orgánicos en específico el olote o tusa de maíz se hace más fácil en colores oscuros debido a que en colores claros su reducción es más compleja, así mismo el autor citado indica que es conveniente la utilización de olote de color blanco ya que existen de diferentes colores y estos pueden alterar las condiciones del agua, por otra parte (Vargas, 2018), señala que los residuos modificados químicamente presentan mayores resultados que los no modificados.

Cuadro 4.4. Porcentaje de remoción de pH.

Tratamiento	Repeticiones	Tratamientos	% de Remoción
T ₁	1	T ₁ R ₁	11
	2	T ₁ R ₂	14
	3	T ₁ R ₃	13
	Eficiencia		13%
T ₂	1	T ₂ R ₁	16
	2	T ₂ R ₂	17
	3	T ₂ R ₃	17
	Eficiencia		17%
T ₃	1	T ₃ R ₁	16
	2	T ₃ R ₂	16
	3	T ₃ R ₃	2,8
	Eficiencia		12%
T ₄	1	T ₄ R ₁	16
	2	T ₄ R ₂	16
	3	T ₄ R ₃	16
	Eficiencia		16%

Fuente: Zambrano (2019)

El cuadro 4.4. Demuestra los resultados obtenidos en la variable pH aplicado en los biofiltros. Se constató el comportamiento en cada tratamientos (Anexo 3-C), el tratamiento T₂ (25% maíz – 75% cacao) tuvo una remoción de 17%, a su vez se demuestra que el tratamiento T₃ (75% maíz – 25% cacao) removió el 12%. (Machado, 2017), en un estudio realizado para la biosorción de metales mediante empleo cascara de cacao consiguió la estabilización del pH con porcentajes promedios de 90% - 95% tomando en cuenta el tiempo de contacto

del fluido con el medio filtrante. . (Ordóñez, 2017), menciona que el pH es un factor importante en los procesos de biosorción y puede incidir en los resultados finales.

Cuadro 4.5. Porcentaje de remoción de Sólidos Disueltos Totales

Tratamiento	Repeticiones	Tratamientos	% de Remoción
T ₁	1	T ₁ R ₁	6
	2	T ₁ R ₂	8
	3	T ₁ R ₃	12
Eficiencia			9%
T ₂	1	T ₂ R ₁	21
	2	T ₂ R ₂	7
	3	T ₂ R ₃	10
Eficiencia			13%
T ₃	1	T ₃ R ₁	19
	2	T ₃ R ₂	15
	3	T ₃ R ₃	21
Eficiencia			18%
T ₄	1	T ₄ R ₁	21
	2	T ₄ R ₂	25
	3	T ₄ R ₃	29
Eficiencia			25%

Fuente: Zambrano (2019)

El cuadro 4.5. Muestra los valores obtenidos para Sólidos Disueltos Totales (Anexo 3-D), finalizado el proceso de filtración, se observa que el T₄ es el que mayor remoción presentó con un 25%, mientras que el tratamiento que menor remoción manifestó fue el T₁ con 9%. (Reyes, 2016), utilizó empaques naturales en la remoción de contaminantes en agua mediante la utilización de biofiltro obteniendo valores acordes con un 20,34% de remoción para los sólidos disueltos totales. De la misma manera (Paredes, 2015), argumenta que la eficiencia de la remoción de sólidos o de cualquier tipo de contaminantes va a depender del tiempo de contacto del fluido con los medios de soporte, en su estudio obtuvo una remoción de 57,33% en un tiempo de 36 días. Para (Cornejo, 2015), la eficiencia en la remoción de sólidos disueltos totales dependerá directamente del volumen utilizado de los medios orgánicos como también de su contenido de lignina y otros compuestos a fines a la absorción. (Amangandi, 2017), argumenta que se debe de tomar en cuenta también el tamaño del material absorbente pensando en el tipo de contaminante que se va a remover.

Cuadro 4.6. Porcentaje de remoción de Sólidos Suspendidos Totales

Tratamiento	Repeticiones	Tratamientos	% de Remoción
T ₁	1	T ₁ R ₁	75
	2	T ₁ R ₂	73
	3	T ₁ R ₃	74
Eficiencia			74%
T ₂	1	T ₂ R ₁	77
	2	T ₂ R ₂	70
	3	T ₂ R ₃	73
Eficiencia			73%
T ₃	1	T ₃ R ₁	81
	2	T ₃ R ₂	83
	3	T ₃ R ₃	80
Eficiencia			81%
T ₄	1	T ₄ R ₁	86
	2	T ₄ R ₂	83
	3	T ₄ R ₃	84
Eficiencia			84%

Fuente: Zambrano (2019)

El cuadro 4.6. Demuestra los porcentajes de remoción obtenidos en cada uno de los tratamientos aplicados (Anexo 3-E), el T₄ se presenta como el más eficiente con un 84% de remoción en comparación al T₁ que es, el que menor remoción presento 74%, con los resultados logrados se asemejan a los obtenidos por (Medina, 2014), con un 82% de remoción para sólidos suspendidos totales, (Dávila, 2016), atribuye el alto porcentaje de remoción de S.S.T al valioso contenido de celulosa, hemicelulosa, lignina, fibra cruda y alta porosidad de la tuza de maíz y cascarilla de cacao lo cual aumenta su poder de absorción en conjunto de los dos residuos.

4.2.3. ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Aplicados los biofiltros para la remoción de los diferentes parámetros en estudio se obtuvieron los siguientes datos para evaluar la significancia estadística.

4.2.3.1. ANÁLISIS DE LA VARIANZA DEL PORCENTAJE DE REMOCIÓN POR TRATAMIENTOS TURBIDEZ

Cuadro 4.7. Anova para % porcentaje de Remoción de Turbidez

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	388,25	3	129,417	15,53	0,0011
Intra grupos	66,6667	8	8,33333		
Total (Corr.)	454,917	11			

Fuente: Zambrano (2019)

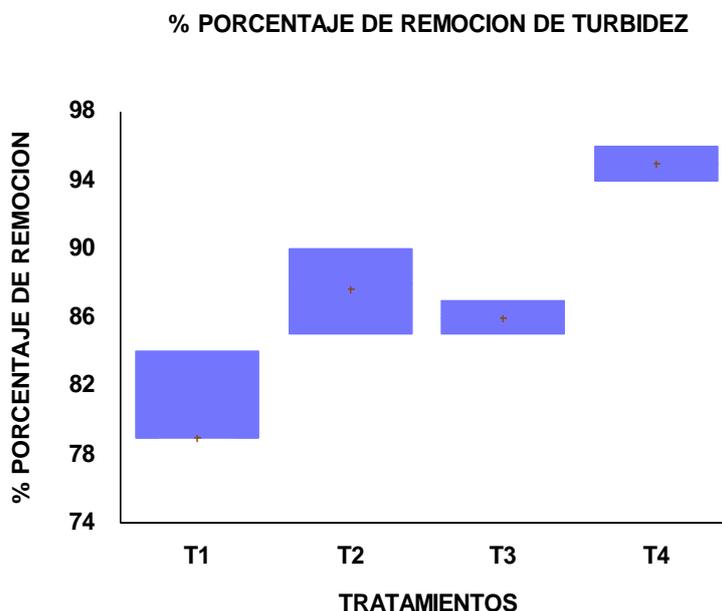
El cuadro 4.7, denota que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de % porcentaje de remoción de turbidez entre un nivel de tratamientos y otro, con un nivel del 95% de confianza, dado que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05. Se determinó mediante la prueba de Tukey las medias son significativamente diferentes de otras, se ilustra a continuación.

Cuadro 4.8. Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD Turbidez.

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T ₁	3	79,0	A
T ₃	3	86,0	A B
T ₂	3	87,667	B C
T ₄	3	95,0	C

Fuente: Zambrano (2019)

Aplicada la prueba de Tukey a los tratamientos se determinó tres grupos homogéneos tratamiento 1 grupo A que difiere una estadística significativa con el tratamiento 3, sin embargo el tratamiento 3 difiere estadística significativa con el tratamiento 2 así mismo el T₂ es estadísticamente significativo al tratamiento T₄, por lo tanto es recomendable emplear el tratamiento T₁ y T₄ que tienen significancia estadística diferente en la remoción de turbidez.

Gráfico 4.1. Porcentaje de Remoción de turbidez

En el gráfico 4.1 Se ilustra el porcentaje de remoción de la turbidez, con los biofiltros aplicados, se ilustra que el tratamiento T₁ removi6 un 79%, el tratamiento T₂ aumento a 87%, el tratamiento T₃ un 86% y por 6ltimo el T₄ removi6 95%, que de acuerdo con el an6lisis de la varianza obtenido determino que existe diferencia significativa en la remoci6n de turbidez.

4.2.3.2. ANALISIS DE LA VARIANZA DEL PORCENTAJE DE REMOCI6N POR TRATAMIENTOS COLOR

Cuadro 4.9. Anova para % porcentaje de Remoci6n de Color

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Raz6n-F	Valor-P
Entre grupos	7554,92	3	2518,31	23,65	0,0002
Intra grupos	85,0	8	106,5		
Total (Corr.)	8406,92	11			

Fuente: Zambrano (2019)

El cuadro 4.9, denota que existe una diferencia estad6sticamente significativa entre la media de % porcentaje de Remoci6n de color entre un nivel de tratamientos y otro, con un nivel del 95% de confianza, dado que el valor-P de

la prueba-F es menor que 0,05. Se determinó mediante la prueba de Tukey las medias son significativamente diferentes de otras, se ilustra a continuación.

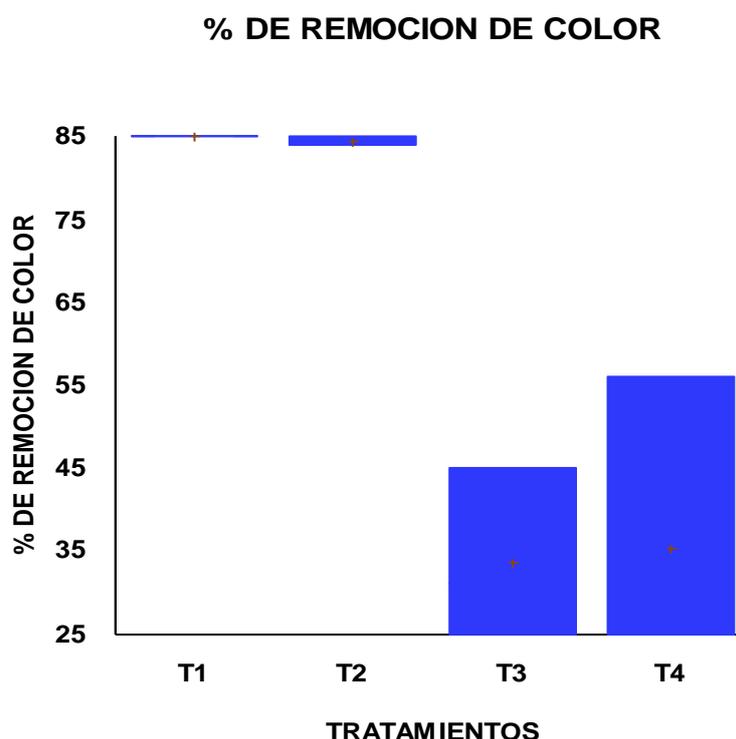
Cuadro 4.10. Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD Color.

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T ₃	3	33,66	A
T ₄	3	35,33	A
T ₂	3	84,33	B
T ₁	3	85,0	B

Fuente: Zambrano (2019)

Aplicada la prueba de Tukey a los tratamientos se identificó dos grupos homogéneos tratamiento 3 y 4 pertenecientes al grupo A que difieren una estadística significativa con el tratamiento 2 y 1, por lo tanto es recomendable utilizar el tratamiento T₂ y T₁ ya que presentan una significancia estadística en la remoción de color.

Gráfico 4.2. Porcentaje de Remoción de color



En el gráfico 4.2. Se impone el porcentaje de remoción del color, con los biofiltros aplicados, se ilustra que el tratamiento T₁ removió un 85%, el tratamiento T₂ disminuyó a 84%, de la misma manera el tratamiento T₃ un 33% y el T₄ un 35%, que de acuerdo con el análisis de la varianza obtenido

determino que existe diferencia significativa en la remoción de color. Para Zambrano (2019), la presencia de diferencia significativa se debe a que el Valor-P del Anova es menor (0,0002) que 0,05

4.2.3.3. ANÁLISIS DE LA VARIANZA DEL PORCENTAJE DE REMOCIÓN POR TRATAMIENTOS pH

Cuadro 4.11. Anova para % porcentaje de Remoción pH

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	81,3333	3	27,1111	2,14	0,1733
Intra grupos	101,333	8	12,6667		
Total (Corr.)	182,667	11			

Fuente: Zambrano (2019)

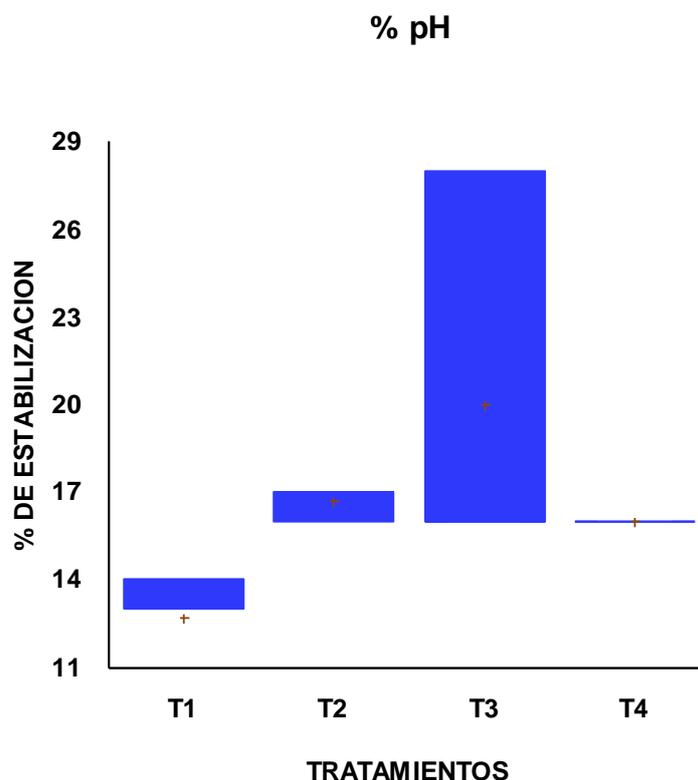
El cuadro 4.11, muestra que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de % porcentaje de Remoción de pH entre un nivel de tratamientos y otro, con un nivel del 95% de confianza, dado que el valor-P de la prueba-F es mayor que 0,05. Se determinó mediante la prueba de Tukey las medias no son significativamente diferentes de otras, lo cual se ilustra a continuación.

Cuadro 4.12. Método: 95.0 porcentaje LSD pH

TRATAMIENTOS	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T ₁	3	12,666	A
T ₄	3	16,0	A
T ₂	3	16,666	A
T ₃	3	20,0	A

Fuente: Zambrano (2019)

Aplicada la prueba de Tukey a los tratamientos se identificó un solo grupo homogéneo para los tratamientos 1, 2, 3 y 4, los mismos que no difieren una estadística significativa entre ellos.

Gráfico 4.3. Porcentaje de Remoción de pH

En el gráfico 4.3. Se muestra el porcentaje de remoción del pH, con los biofiltros aplicados, se ilustra que el tratamiento T₁ removió un 13%, el tratamiento T₂ aumento a 17%, el tratamiento T₃ 20% y el T₄ un 16%, que de acuerdo con el análisis de la varianza obtenido determino que no existe diferencia significativa en la remoción de pH. De acuerdo con Vera (2019), argumenta que no existe diferencia significativa puesto que P – valor del ANOVA (0,1733) es mayor 0,05.

4.2.3.4. ANÁLISIS DE LA VARIANZA DEL PORCENTAJE DE REMOCIÓN POR TRATAMIENTOS SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES

Cuadro 4.13. Anova para % porcentaje de Remoción de T.D.S

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	453,667	3	151.222	6,80	0,0137
Intra grupos	178,0	8	22.25		
Total (Corr.)	631,667	11			

Fuente: Zambrano (2019)

El cuadro 4.13, indica que existe una diferencia estadísticamente significativa en la remoción de Sólidos Disueltos Totales entre la media de % porcentaje de Remoción entre un nivel de tratamientos y otro, con un nivel del 95% de confianza, dado que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05. Se determinó mediante la prueba de Tukey las medias son significativamente diferentes de otras, se ilustra a continuación

Cuadro 4.14. Método: 95.0 porcentaje LSD T.D.S

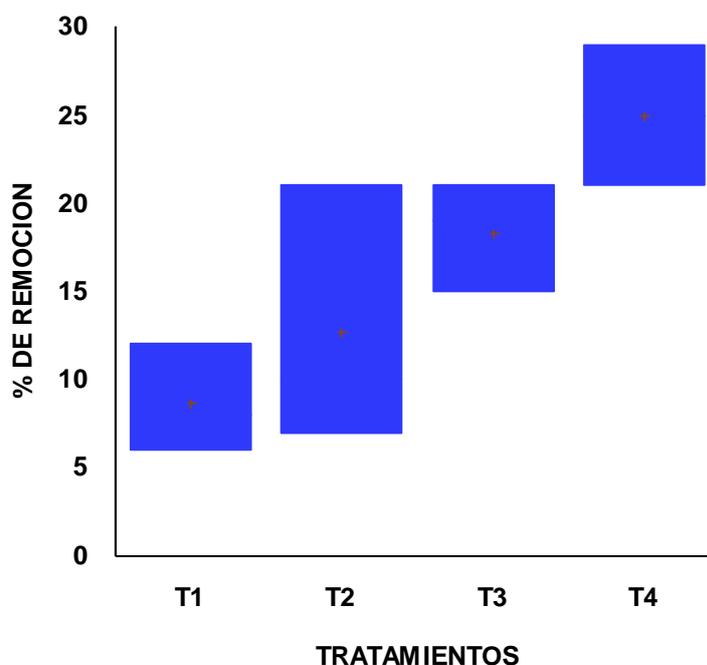
TRATAMIENTOS	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T ₁	3	8,6666	A
T ₂	3	12,666	A B
T ₃	3	18,333	A B
T ₄	3	25,0	B

Fuente: Zambrano (2019)

Aplicada la prueba de Tukey a los tratamientos se determinó dos grupos homogéneos para las medias de los tratamientos en la remoción de sólidos disueltos totales

Gráfico 4.4. Porcentaje de Remoción de Sólidos Disueltos Totales

% DE REMOCION DE T.D.S.



En el gráfico 4.4. Se impone el porcentaje de remoción sólidos disueltos totales, con los biofiltros aplicados, se ilustra que el tratamiento T₁ removió un

9%, el tratamiento T₂ 13%, el tratamiento T₃ 18% y el T₄ aumento a 25%, que de acuerdo con el análisis de la varianza obtenido determino que existe diferencia significativa en la remoción de sólidos disueltos totales

4.2.3.5. ANÁLISIS DE LA VARIANZA DEL PORCENTAJE DE REMOCIÓN POR TRATAMIENTOS SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES.

Cuadro 4.15. Anova para % porcentaje de Remoción de S.S.T

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	266,25	3	88,75	19,72	0,0005
Intra grupos	36,0	8	4,5		
Total (Corr.)	302,25	11			

Fuente: Zambrano (2019)

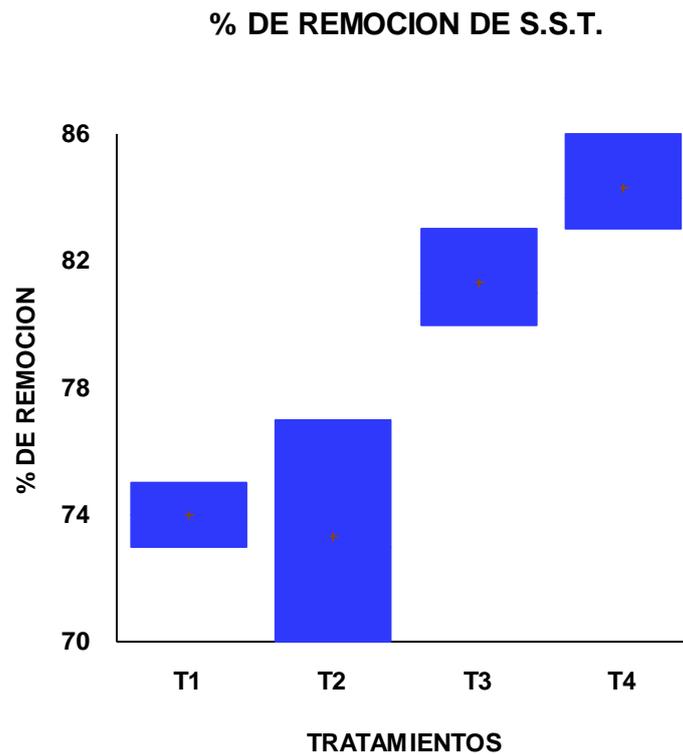
El cuadro 4.15, indica que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de % porcentaje de Remoción de sólidos suspendidos totales entre un nivel de tratamientos y otro, con un nivel del 95% de confianza, dado que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05. Se determinó mediante la prueba de Tukey las medias son significativamente diferentes de otras, se ilustra a continuación

Cuadro 4.16. Método: 95.0 porcentaje LSD S.S.T

TRATAMIENTOS	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T ₂	3	73,333	A
T ₁	3	74,0	A
T ₃	3	81,333	B
T ₄	3	84,333	B

Fuente: Zambrano (2019)

Aplicada la prueba de Tukey a los tratamientos se identificó dos grupos homogéneos tratamiento 3 y 4 pertenecientes al grupo A que difieren una estadística significativa con el tratamiento 2 y 1, es recomendable usarlos en la remoción de sólidos suspendidos totales

Gráfico 4.5. Porcentaje de Remoción de S.S.T

En el gráfico 4.5. Se impone el porcentaje de remoción del color, con los biofiltros aplicados, se ilustra que el tratamiento T_1 removi6 un 74%, el tratamiento T_2 73%, el T_3 81% y finalmente el T_4 84%, que de acuerdo con el an6lisis de la varianza obtenido determino que existe diferencia significativa en la remoci6n de s6lidos suspendidos totales

4.3. ANÁLISIS DE COSTO DEL TRATAMIENTO MÁS EFICIENTE

Mediante las pruebas experimentales en las aguas residuales de la actividad acuícola se determinó que el tratamiento más eficiente es el T₄, a continuación se detalla la cantidad y el valor unitario de los materiales utilizados en la construcción de dicho biofiltro

Cuadro 4.17. Costo de producción del tratamiento más eficiente

MATERIALES	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Residuo maíz	...	0	0
Residuos cacao	...	0	0
Conector polimex ½	3	1.60	4.80
Codo polimex ½	4	0.35	1.40
Llave económica	1	1.00	1.00
Tapón pvc 110mm	3	1.00	3.00
Tubo económico 110mm	1 m	4.00	4.00
Teflón	1	0.50	0.50
Pega tubo	1	1.25	1.25
Malla	10 cm	0.20	0.20
Arena	10 cm	0.25	0.25
Grava	10 cm	0.25	0.25
Gravilla	10 cm	0.25	0.25
Carbón activado	10 cm	0.75	0.75
Energía eléctrica	36 h	0.04	1.44
Recurso Agua	60 L	0.48	28.8
TOTAL			\$47.89

Fuente: Zambrano (2019)

Para llevar a cabo el análisis de costo del tratamiento más eficiente se lo realizó tomando en cuenta los costos generados para cada proceso (luz, agua) de acondicionamiento de los diferentes medios filtrantes, como también los valores de cada uno de los materiales para el ensamble de la unidad experimental, destacando que la materia prima como el maíz y cacao tuvo un valor nulo por ser un residuo de cosecha generado dentro de los diferentes tipos de cultivos ubicados en los predios de la universidad, para la sumatoria se adoptó la metodología propuesta por (Vinza, 2012), en donde se calculó el valor de la materia prima, la mano de obra directa y el gasto de producción, generando una sumatoria total de:

$$CP = (\$47.89 + 0 + 0)$$

$$CP = \$ 47.89$$

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. CONCLUSIONES

- Los datos de eficiencia obtenidos mediante el uso del biofiltro de residuos de cosecha y materiales filtrantes, dan a notar una disminución de los sólidos suspendidos presentes en la composición inicial del agua de la actividad camaronera, con datos iniciales como turbidez (104 NTU), color (170 Pt/Co), pH (7,95), sólidos disueltos totales (6.400 mg/l) y sólidos suspendidos totales (90 mg/l).
- Las combinaciones de material absorbente de maíz y cacao obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos en la remoción de los parámetros evaluados (sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales, turbidez, color, pH), denotando que el mejor tratamiento fue el T₄ con un (84%) de remoción de sólidos suspendidos totales, sólidos disueltos totales (25%) y turbidez (95%).
- La construcción del biofiltro y el acondicionamiento de los materiales filtrantes del T₄ (tratamiento más eficiente) representa un valor económico de \$47.89 dólares.

5.2. RECOMENDACIONES

- Es viable usar los biofiltros de residuos de cosecha en otro tipo de actividad acuícola como chamearas, tilapias y así evaluar si existente una similitud de remoción.
- Se evalué la eficiencia de remoción considerando el tiempo de filtración, en piscinas camaroneras de mayor escala y otros
- Determinar diversas técnicas de acondicionamiento de la materia prima utilizada en los biofiltros para optimizar recursos económicos.

BIBLIOGRAFÍA.

- Quiminet. (2014). Tratamiento de agua potable y residual con carbón activado. Obtenido de Tratamiento de agua potable y residual con carbón activado: <https://www.quiminet.com/articulos/tratamiento-de-agua-potable-y-residual-con-carbon-activado-4054625.htm>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2015). Acuicultura. Obtenido de Acuicultura: <http://www.fao.org/3/a-i3587s.pdf>
- Águila, A. (2016). "Efecto de la concentración y tamaño de partícula de carbón activado de Zea mays en las propiedades fisicoquímicas del agua de lluvia de. Obtenido de "Efecto de la concentración y tamaño de partícula de carbón activado de Zea mays en las propiedades fisicoquímicas del agua de lluvia de: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/6669/delaguila_ra.pdf?Sequence=1&isallowed=y
- Águila, A. (2016). Efecto de la concentración y tamaño de partícula de carbón activado de Zea mays en las propiedades fisicoquímicas del agua de lluvia de Otuzco". Obtenido de Efecto de la concentración y tamaño de partícula de carbón activado de Zea mays en las propiedades fisicoquímicas del agua de lluvia de Otuzco": http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/6669/delaguila_ra.pdf?Sequence=1
- Amangandi, A. (2017). Remoción de plomo en agua residual mediante bioabsorción obtenida del bagazo de caña de azúcar. Obtenido de remoción de plomo en agua residual mediante bioabsorción obtenida del bagazo de caña de azúcar: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7860/1/236T0292.pdf>
- Arce, O. (2017). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el estado de Hidalgo Selección de residuos con fines de aprovechamiento biotecnológico. Obtenido de Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el estado de Hidalgo Selección de residuos con fines de aprovechamiento biotecnológico: https://www.researchgate.net/publication/321320107_Aprovechamiento_de_residuos_agroindustriales_en_el_estado_de_Hidalgo_Seleccion_de_residuos_con_fines_de_aprovechamiento_biotecnologico
- Bravo, K., & Garzon, A. (2017). Eficiencia del carbón activado procedente del residuo agroindustrial de coco (cocos nucifera) para remoción de contaminantes en agua. Obtenido de eficiencia del carbón activado procedente del residuo agroindustrial de coco (cocos nucifera) para remoción de contaminantes en agua: [file:///C:/Users/misae/Desktop/filtros/TMA124%20\(1\)%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/misae/Desktop/filtros/TMA124%20(1)%20(1).pdf)
- Brito, N. V. (2007). Alternativa de potabilización para el agua que abastecera a la ampliación del aeropuerto internacional de la ciudad México. Obtenido de Alternativa de potabilización para el agua que abastecera a la

ampliación del aeropuerto internacional de la ciudad México:
<http://www.elaguapotable.com/ALTERNATPOTAB.pdf>

- Campoverde, R. (2009). Auditoria inicial de cumplimiento con la legislación ambiental vigente para la camaronera "El Robalo, cantón Huaquillas-provincia El Oro". Obtenido de Auditoria inicial de cumplimiento con la legislación ambiental vigente para la camaronera "El Robalo, cantón Huaquillas-provincia El Oro":
<file:///C:/Users/User/Desktop/tesis%20del%20ing%20fabian/CD-2052.pdf>
- Cánepa, L. (2010). Filtración lenta como proceso de desinfección. Obtenido de Filtración lenta como proceso de desinfección:
<http://www.elaguapotable.com/FILTRACI%C3%93N%20LENTA%20COMO%20PROCESO%20DE%20DESINFECCI%C3%93N.pdf>
- Carrasquero, S. (2017). Efectividad de coagulantes obtenidos de residuos de papa (*sonalum tuberosum*) y plátano (*musa paradisiaca*) en la clarificación de agua. Obtenido de efectividad de coagulantes obtenidos de residuos de papa (*sonalum tuberosum*) y plátano (*musa paradisiaca*) en la clarificación de agua: <file:///C:/Users/User/Downloads/1941-Texto%20del%20artículo-9765-1-10-20170209.pdf>
- Castro, L. (2009). "Elaboración de carbón activado a partir de cáscara de naranja.". Obtenido de "Elaboración de carbón activado a partir de cáscara de naranja":
<https://feriadelasciencias.unam.mx/anteriores/feria17/104.pdf>
- Cecen, F. (2011). Activated Carbon for Water and Wastewater Treatment: Integration of Adsorption and Biological Treatment. Obtenido de Activated Carbon for Water and Wastewater Treatment: Integration of Adsorption and Biological Treatment: <http://www.wiley.com>
- Chuchón, S., & Aybar, C. (2008). Evaluación de la capacidad de remoción de bacterias coliformes fecales y demanda bioquímica de oxígeno de la planta de tratamiento de aguas residuales "la totora", ayacucho, Perú. Obtenido de evaluación de la capacidad de remoción de bacterias coliformes fecales y demanda bioquímica de oxígeno de la planta de tratamiento de aguas residuales "la totora", Ayacucho, Perú:
<https://www.redalyc.org/pdf/341/34111584020.pdf>
- Consejería de Desarrollo y Medio Ambiente y Desarrollo Rural. (2005). La gestión del agua. Obtenido de La gestión del agua:
<http://www.fusda.org/revista11pdf/Revista11-2ELAGUARECURSONATURALYELEMENTODEDESARROLLO.pdf>
- Cornejo, D. (2015). Eficiencia de la remoción de la DBO de aguas residuales mediante biofiltración. Obtenido de Eficiencia de la remoción de la DBO de aguas residuales mediante biofiltración:
http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3261/cornejosoldevilla_D.pdf?Sequence=1&isallowed=y
- Cortes, J. (2015). Propuesta de un sistema de biofiltración de cromo hexavalente en agua, utilizando olote de maíz. Obtenido de Propuesta

- de un sistema de biofiltración de cromo hexavalente en agua, utilizando olote de maíz:
<http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/49402/UAEM-FAPUR-TESIS-CORTES%2C%20JENNIFER.pdf?Sequence=1>
- Cruz, G. (2014). Tratamiento complementario de agua potable utilizando un filtro de carbón activado impregnado con quitosano producidos a partir de biomasa residual. Obtenido de Tratamiento complementario de agua potable utilizando un filtro de carbón activado impregnado con quitosano producidos a partir de biomasa residual:
<http://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/viewfile/36/37>
- Cruz, G. (2016). Tratamiento complementario de agua potable utilizando un filtro de carbón activado impregnado con quitosano producidos a partir de biomasa residual. Obtenido de Tratamiento complementario de agua potable utilizando un filtro de carbón activado impregnado con quitosano producidos a partir de biomasa residual:
https://www.researchgate.net/publication/312935552_Tratamiento_complementario_de_agua_potable_utilizando_un_filtro_de_carbon_activado_impregnado_con_quitosano_producidos_a_partir_de_biomasa_residual
- Dávila, T. (2016). Evaluation of agroindustrial waste as bio-filters: removal of Cr (VI) in tannery synthetic effluents. Obtenido de Evaluation of agroindustrial waste as bio-filters: removal of Cr (VI) in tannery synthetic effluents: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v15nspe/v15nspea06.pdf>
- Delgado, G. (2010). Caracterización de los efluentes de la camaronera CULTIZAZA de Cuba. Obtenido de Caracterización de los efluentes de la camaronera CULTIZAZA de Cuba:
<file:///C:/Users/User/Desktop/tesis%20del%20Inge%20Fabian/Caracterización%20de%20los%20efluentes%20de%20la%20camaronera.pdf>
- Flores, J. (2014). Análisis de la automatización del sistema de bombeo y almacenamiento de agua potable aplicando tecnología inalámbrica en EMSA – Puno. Obtenido de Análisis de la automatización del sistema de bombeo y almacenamiento de agua potable aplicando tecnología inalámbrica en EMSA – Puno:
http://biblioteca.unap.edu.pe/opac_css/index.php?Lvl=section_see&location=21&id=42
- Foerid, B. (2015). Biochar in Nutrient Recycling—The Effect and Its Use in Wastewater Treatment. Obtenido de Biochar in Nutrient Recycling—The Effect and Its Use in Wastewater Treatment:
https://file.scirp.org/pdf/OJSS_2015012715172804.pdf
- Fuentes, S. (2012). Obtención de carbón activado a partir de residuos agroindustriales y su evaluación en la remoción de. Obtenido de Obtención de carbón activado a partir de residuos agroindustriales y su evaluación en la remoción de:
<https://www.redalyc.org/pdf/482/48224413006.pdf>
- Gaibor, K. (2015). Estudio de la aplicación del olote o tusa de maíz para la reducción del color en aguas residuales de la hilandería Guijarro cantón

- Guano. Obtenido de Estudio de la aplicación del olote o tusa de maíz para la reducción del color en aguas residuales de la hilandería Guijarro cantón Guano: [file:///C:/Users/User/Downloads/UNACH-EC-IAMB-2016-0004%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/UNACH-EC-IAMB-2016-0004%20(2).pdf)
- Gállego, V. (2016). El carbón y sus propiedades. Obtenido de El carbón y sus propiedades: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/20980/capitulo1.pdf>
- Gedar. (2012). Opciones de tratamiento de aguas residuales mediante carbón activo. Obtenido de Opciones de tratamiento de aguas residuales mediante carbón activo: https://www.gedar.com/PDF/Industrial/GEDAR-Carbon_Activo_Aguas_Residuales.pdf
- Gonzáles, D. (2017). Desarrollo de carbón activado a partir de desechos agroindustriales con aplicación en adsorción de. Obtenido de Desarrollo de carbón activado a partir de desechos agroindustriales con aplicación en adsorción de: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/147405/Desarrollo-de-carb%C3%b3n-activado-a-partir-de-desechos-agroindustriales-con-aplicacion-en-adsorcion.pdf?Sequence=1>
- Guerra, M. (2013). Tratamiento de efluentes de la acuicultura. Obtenido de Tratamiento de efluentes de la acuicultura: https://www.agroindustria.gov.ar/sitio/areas/acuicultura/publicaciones/_archivos/000000_Informaci%C3%b3n%20y%20noticias%20vinculadas%20al%20sector/141223_TRATAMIENTO%20DE%20EFLUENTES%20DE%20LA%20ACUICULTURA.pdf
- Hendricks, D. (2010). Fundamentals of Water Treatment Unit Processes: Physical, Chemical, and Biological. En D. Hendricks, Fundamentals of Water Treatment Unit Processes: Physical, Chemical, and Biological (pág. 484). Taylor & Francis Group.
- Instituto de Hidrología, M. Y. (2007). Sólidos suspendidos totales en agua secados a 103 – 105 °c. Obtenido de Sólidos suspendidos totales en agua secados a 103 – 105 °c.: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/S%C3%b3lidos+Suspendidos+Totales+en+aguas.pdf/f02b4c7f-5b8b-4b0a-803a-1958aac1179c>
- Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC). (2016). IUPAC compendium of chemical terminology - The gold book. Obtenido de IUPAC compendium of chemical terminology - The gold book: <https://goldbook.iupac.org>
- Lara, A. (2010). Diseño Estadístico de Experimentos . Obtenido de Diseño Estadístico de Experimentos : <https://www.ugr.es/~bioestad/guiaspss/practica7/Contenidos.pdf>
- Lara, J. (2016). Adsorción de plomo y cadmio en sistema continuo de lecho fijo sobre residuos de cacao. Obtenido de Adsorción de plomo y cadmio en sistema continuo de lecho fijo sobre residuos de cacao: file:///C:/Users/medioambiente02/Downloads/Adsorcion_de_plomo_y_cadmio_en_sistema_continuo_de.pdf

- Lenntech . (2016). Activated carbon filters. Obtenido de Activated carbon filters: <https://www.lenntech.com/systems/deep/activated-carbon/gacfilter.htm>
- Machado, S. (2017). “Análisis del proceso de biosorción de cobre presente en efluentes líquidos utilizando bagazo de caña de azúcar y cascara de cacao”. Obtenido de “Análisis del proceso de biosorción de cobre presente en efluentes líquidos utilizando bagazo de caña de azúcar y cascara de cacao”: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28370/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%b3n.pdf>
- Martínez, A. (2012). Desarrollo de carbones activados a partir de residuos lignocelulósicos para la adsorción y recuperación de tolueno y n-hexano. Obtenido de Desarrollo de carbones activados a partir de residuos lignocelulósicos para la adsorción y recuperación de tolueno y n-hexano: http://digital.csic.es/bitstream/10261/74991/1/Tesis%20Martinez%20de%20Yuso_A_repositorio%20CSIC.pdf
- Medina, S. (2014). Propuesta de diseño de un sistema de biofiltro para el tratamiento de aguas residuales producidas en la central termoeléctrica Sacha de la unidad de negocio Termopichincha – Celec ep. Obtenido de Propuesta de diseño de un sistema de biofiltro para el tratamiento de aguas residuales producidas en la central termoeléctrica Sacha de la unidad de negocio Termopichincha – Celec ep: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4690/1/58817_1.pdf
- Molina, M. (2016). Elaboracion de un filtro artesanal de agua utilizando materiales no convencionales, evaluando su eficiencia para la disminución de los niveles de contaminación de aguas residuales generada por una lavadora de autos. Obtenido de elaboración de un filtro artesanal de agua utilizando materiales no convencionales, evaluando su eficiencia para la disminución de los niveles de contaminación de aguas residuales generada por una lavadora de autos: <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24606/1/Tesis%201086%20-%20Molina%20Garc%C3%ada%20Mishel%20Estefan%C3%ada.pdf>
- Monge, C. (2004). El agua: recurso natural y elemento de desarrollo. Obtenido de El agua: recurso natural y elemento de desarrollo: <http://www.fusda.org/revista11pdf/Revista11-2ELAGUARECURSONATURALYELEMENTODEDESARROLLO.pdf>
- Muñoz, G. (2017). Evaluación de la calidad del agua y sedimento de piscinas camaroneras durante un ciclo productivo del cultivo semintensivo en la parroquia Cojimies, canton Pedernales, Provincia de Manabí, Ecuador. . Obtenido de Evaluación de la calidad del agua y sedimento de piscinas camaroneras durante un ciclo productivo del cultivo semintensivo en la parroquia Cojimies, canton Pedernales, provincia de Manabí, Ecuador. : file:///C:/Users/User/Desktop/tesis%20del%20inge%20fabian/Paper_Final_Galo_Muñoz.pdf
- Noboa, E. (2008). Diseño de un filtro de carbón activado para la remoción de cloro libre residual del agua potable para uso en la industria

farmacéutica. Obtenido de Diseño de un filtro de carbón activado para la remoción de cloro libre residual del agua potable para uso en la industria farmacéutica: file:///C:/Users/misae/Desktop/89545.pdf

- Ordóñez, A. (2017). Determinación de la capacidad adsorbente de los residuos de la industria de la papa (*Solanum tuberosum*) para la remoción de metales pesados en aguas contaminadas. Obtenido de Determinación de la capacidad adsorbente de los residuos de la industria de la papa (*Solanum tuberosum*) para la remoción de metales pesados en aguas contaminadas:
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14969/1/UPS-CT007386.pdf>
- Orellana, J. (2005). Tratamiento de las aguas. Obtenido de Tratamiento de las aguas:
https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_06_Tratamiento_de_Aguas.pdf
- Paredes, D. (2015). Biofiltración sobre cama de turba, para el tratamiento sobre agua residual proveniente del lavado de jeans. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24604/1/Tesis%201084%20-%20Paredes%20Paredes%20Daniel%20Alejandro.pdf>
- Plaza, M. (2015). Carbón activado e caluación de nuevos precursores y del proceso de activación con dióxido de carbono. Obtenido de Carbón activado e caluación de nuevos precursores y del proceso de activación con dióxido de carbono:
 file:///C:/Users/misae/Desktop/filtros/tesis_minerva_plaza_recobertl.pdf
- Prías, J. (2015). Fabricación y caracterización de carbón activado y de nanoplaquetas de carbón a partir de *Guadua angustifolia* Kunth. Obtenido de Fabricación y caracterización de carbón activado y de nanoplaquetas de carbón a partir de *Guadua angustifolia* Kunth:
<http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v39n153/v39n153a01.pdf>
- Quintero, H. (2015). Construyo mi ciudad. Obtenido de Construyo mi ciudad:
<http://cdim.esap.edu.co/bancomedios/Documentos%20PDF/gir%C3%b3nsantanderpd20122015.pdf>
- Quirola, I. (2008). "Diseño de un sistema de tratamiento de efluentes provenientes de raceways en camaronera, basado en un sistema de filtros físicos - biológicos". Obtenido de "Diseño de un sistema de tratamiento de efluentes provenientes de raceways en camaronera, basado en un sistema de filtros físicos - biológicos":
 file:///C:/Users/User/Desktop/tesis%20del%20inge%20fabian/D-49915.pdf
- Ramírez, H. (2015). Agentes naturales como alternativa para el tratamiento del agua. Obtenido de Agentes naturales como alternativa para el tratamiento del agua: <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2019/04/document-1.pdf>
- Reyes, J. (2016). Determination of the efficiency of sawdust and coco fiber used as Biofilter for pollutant removal for the treatment of wastewater.

Obtenido de Determination of the efficiency of sawdust and coco fiber used as Biofilter for pollutant removal for the treatment of wastewater: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?Script=sci_arttext&pid=S1390-65422016000300041

Rodríguez, R. (2014). Manual del carbón activo . Obtenido de Manual del carbón activo : <http://www.elaguapotable.com/Manual%20del%20carb%C3%b3n%20activo.pdf>

Romero, L. (2010). Diseño de un sistema de biofiltros para el tratamiento de aguas residuales que llegan de manera directa al humedal neuta en el municipio de Soacha. Obtenido de Diseño de un sistema de biofiltros para el tratamiento de aguas residuales que llegan de manera directa al humedal neuta en el municipio de Soacha.: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/8906/PROYECTO%20DE%20GRADO.pdf?Sequence=1&isallowed=y>

Sanchez, G. (2008). Diseños experimentales . Obtenido de Diseños experimentales : http://viref.udea.edu.co/contenido/menu_alterno/apuntes/ac37-diseno_experiment.pdf

Sánchez, I. (2013). Efficiency of microbial consortium for wastewater treatment in a recirculating aquaculture system. Obtenido de Efficiency of microbial consortium for wastewater treatment in a recirculating aquaculture system: <http://revistabiotecnologia.unicauca.edu.co/revista/index.php/biotecnologia/article/view/279/234>

Sepúlveda, C. (2014). Producción de carbón activado a partir de la cáscara de de la cáscara de frijol de soya para su aplicación como adsorbente en etratamiento de aguas residuales contaminadas concolorante verde de malaquita . Obtenido de Producción de carbón activado a partir de la cáscara de de la cáscara de frijol de soya para su aplicación como adsorbente en etratamiento de aguas residuales contaminadas concolorante verde de malaquita : <http://eprints.uanl.mx/4366/1/1080253757.pdf>

Solís, M. (2014). La Acuicultura y sus efectos en el medio ambiente. Obtenido de La Acuicultura y sus efectos en el medio ambiente: http://www.espacioimasd.unach.mx/articulos/num3/pdf/articulo_acuicultura.pdf

Suárez, S. (2014). Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales provenientes de las descargas de un centro comercial de la ciudad de quito mediante procesos de electrocuagulación y absorción en carbón activado . Obtenido de Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales provenientes de las descargas de un centro comercial de la ciudad de quito mediante procesos de electrocuagulación y absorción en carbón activado : <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8492/3/CD-5737.pdf>

- Tapa, P. (2017). Remoción de iones cobre con sorbentes orgánicos. Obtenido de Remoción de iones cobre con sorbentes orgánicos: https://www.researchgate.net/publication/322164198_REMOCION_DE_IONES_COBRE_CON_SORBENTES_ORGANICOS
- Tesacua S.L. (2015). Filtración por carbón activado: carbón activado adsorción. Obtenido de Filtración por carbón activado: carbón activado adsorción: <http://www.tesacua.es>
- Torres, N. (2015). Obtención del Carbón Activado Artesanal y de Laboratorio a partir del Olote o Tusa de maíz para la reducción de color de Aguas Residuales de la Hilandería Guijarro, Cantón Guano. Obtenido de Obtención del Carbón Activado Artesanal y de Laboratorio a partir del Olote o Tusa de maíz para la reducción de color de Aguas Residuales de la Hilandería Guijarro, Cantón Guano: <http://www.ijarem.org/papers/v4-i1/4.IJAREM-C4003.pdf>
- Vargas, A. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del ambiente. Obtenido de aprovechamiento de residuos agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del ambiente: [file:///C:/Users/User/Downloads/3108-Texto%20del%20artículo-13312-2-10-20190408%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/3108-Texto%20del%20artículo-13312-2-10-20190408%20(1).pdf)
- Vargas, L. D. (2010). Procesos unitarios y plantas de tratamiento. Obtenido de Procesos unitarios y plantas de tratamiento: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/tres.pdf>
- Vargas, Y. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. Obtenido de Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente: [file:///C:/Users/misae/Desktop/3108-13312-1-PB%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/misae/Desktop/3108-13312-1-PB%20(2).pdf)
- Vera, K. (2019). Evaluación del polvo de moringa (m. Oleífera) para remoción de sólidos suspendidos totales en agua residual del camal municipal de Calceta . Obtenido de Evaluación del polvo de moringa (m. Oleífera) para remoción de sólidos suspendidos totales en agua residual del camal municipal de Calceta : <file:///C:/Users/User/Desktop/TTMA42.pdf>
- Vinza, S. (2012). Propuesta para la aplicación del método de costeo por actividades abc (activity based costing) de la industria “gráficas olmedo”. Obtenido de Propuesta para la aplicación del método de costeo por actividades abc (activity based costing) de la industria “gráficas olmedo”: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/165/1/T-UCE-0005-20.pdf>
- Yungan, J. (2010). Estudio de la calidad de agua en afluentes de la microcuenca del río blanco para determinar las causas de la degradación y alternativas de manejo. Obtenido de Estudio de la calidad de agua en afluentes de la microcuenca del río blanco para determinar las causas de la degradación y alternativas de manejo: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/579/1/13T0660%20.pdf>

Zambrano, I. (2019). Filtros de arcilla y cascarilla de arroz, incidencia en remoción de carga orgánica en aguas residuales de la ciudad de Portoviejo. Obtenido de Filtros de arcilla y cascarilla de arroz, incidencia en remoción de carga orgánica en aguas residuales de la ciudad de Portoviejo:
<http://repositorio.esпам.edu.ec/bitstream/42000/988/1/TTMA34.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Caracterización de la muestra de agua



Anexo 1-A Caracterización de sólidos



Anexo 1-B Determinación de sólidos



Anexo 1-C Muestra de agua



Anexo 1-D Conductividad eléctrica

Anexo 2. Acondicionamiento de los materiales filtrantes y Construcción de unidades experimentales



Anexo 2-A Recolección de residuos de residuos de cosecha maíz



Anexo 2-B Recolección de residuos de cosecha de cacao



Anexo 2-C Acondicionamiento de cacao



Anexo 2-D Secado de cacao



Anexo 2-E Reducción de tamaño de cacao



Anexo 2-F Secado de maíz



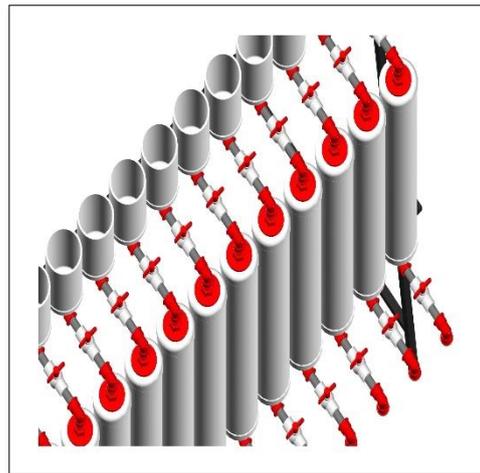
Anexo 2-Ñ Muestra de agua final



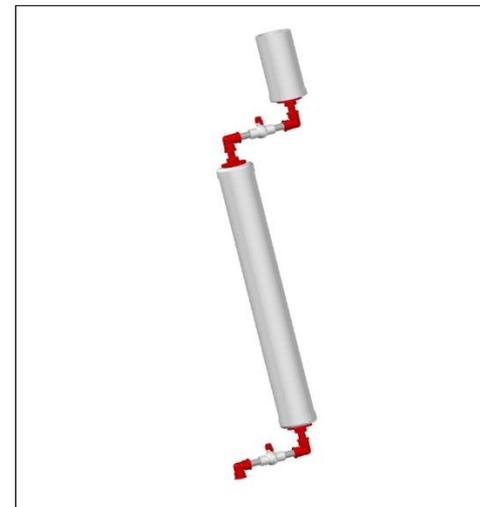
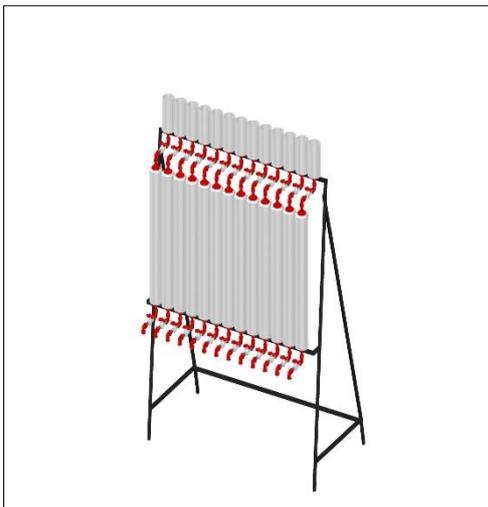
Anexo 2-N Pruebas de biofiltración



Anexo 2-O Análisis muestra de agua



Anexo 2-P Unidades experimentales



Anexo 2-Q Sistema de biofiltración**Anexo 2-R** Unidad experimental**Anexo 3.** Base de datos para la obtención del análisis de varianza de remoción por tratamientos estudiados

TRATAMIENTOS	% DE REMOCION
T ₁	84
T ₁	74
T ₁	79
T ₂	88
T ₂	90
T ₂	85
T ₃	85
T ₃	86
T ₃	87
T ₄	95
T ₄	96
T ₄	94

TRATAMIENTOS	% DE REMOCION
T ₁	85
T ₁	85
T ₁	85
T ₂	85
T ₂	84
T ₂	84
T ₃	45
T ₃	31
T ₃	25
T ₄	25
T ₄	25
T ₄	56

Anexo 3-A Datos porcentajes de remoción Turbidez**Anexo 3-B** Datos porcentajes de remoción Color

TRATAMIENTOS	% DE REMOCION
T ₁	11
T ₁	14
T ₁	13
T ₂	16
T ₂	17
T ₂	17
T ₃	16
T ₃	16
T ₃	2,8
T ₄	16
T ₄	16
T ₄	16

TRATAMIENTOS	% DE REMOCION
T ₁	6
T ₁	8
T ₁	12
T ₂	21
T ₂	7
T ₂	10
T ₃	19
T ₃	15
T ₃	21
T ₄	21
T ₄	25
T ₄	29

Anexo 3-C Datos porcentajes de remoción pH**Anexo 3-D** Datos porcentaje de remoción T.D.S.

TRATAMIENTOS	% DE REMOCION
T1	75
T1	73
T1	74
T2	77
T2	70
T2	73
T3	81
T3	83
T3	80
T4	86
T4	83
T4	84

Anexo 3-E Datos porcentajes de remoción S.S.T.

Anexo 4. Certificación de análisis y aprobación del uso de laboratorio de química ambiental.

Calceta 15 de abril, 2019

Q.F. Ana María Aveiga
DIRECTORA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
En su despacho.

Por medio del presente se le reitera un cordial saludo del estudiante de decimo semestre "A" **ZAMBRANO IZA CESAR MANUEL**.

Me dirijo a usted para solicitar el permiso respectivo para ejecutar los análisis de sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales, pH, turbidez y color, en el laboratorio de Química Ambiental de la ESPAM MFL, con el objetivo de realizar actividades programadas del trabajo de titulación: **"EFICIENCIA DEL BIOFILTRO A BASE DE LOS RESIDUOS DEL CULTIVO DE MAIZ (*Zea mays*) Y CACAO (*Theobroma cacao*) PARA LA REMOCION DE SOLIDOS EN AGUA** tutorado por el Q.F. Patricio Noles Aguilar.

Esperando contar con la aceptación debida, anticipo mis sentimientos de agradecimiento y estima.

Atentamente


Zambrano Iza Cesar Manuel
Ci: 172409954-2

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
AGROPECUARIA DE MANABÍ

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
AGROPECUARIA DE MANABÍ

15 ABR 2019

MHC
HORA

Recibido por: Valencia F.

Anexo 4-A Aprobación para hacer usos del laboratorio de química ambiental y de sus equipos.

**ESPAMMFL**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ**LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL Y SUELOS****CERTIFICACIÓN**

Por medio de la presente certifico que **ZAMBRANO IZA CESAR MANUEL** con CI **172409954-2** egresado de la carrera de Ing. Ambiental de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "MFL", realizó análisis físicos (Sólidos Suspendidos Total, Sólidos disueltos totales, pH, Turbidez y Color.) para llevar a cabo el proyecto de titulación **"EFICIENCIA DEL BIOFILTRO A BASE DE LOS RESIDUOS DEL CULTIVO DE MAÍZ ZEA MAYS Y CACAÓ THEOBROMA CACAÓ PARA LA REMOCIÓN DE SÓLIDOS EN AGUA"**

Prácticas que estuvieron supervisadas bajo el personal del laboratorio Química Ambiental y Suelos

Particular que me suscribe a usted para los fines legales pertinentes.

Atentamente

MG. FABIAN PEÑARRIETA MACÍAS
TÉCNICO

