



**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 DE CARBÓN ACTIVADO PROCEDENTE DEL COCO
(*Cocos nucifera*) EN REMOCIÓN DE SÓLIDOS EN AGUAS
RESIDUALES DE LA EMPACADORA DE PESCADO FRESCODEGFER**

AUTORES:

MENDOZA MOREIRA MAURICIO ALEXANDER

PINCAY CAMPOS JOSÉ ADRIÁN

TUTOR:

Q.F. PATRICIO NOLES ALGUILAR, M.Sc.

CALCETA, DICIEMBRE 2019

DERECHOS DE AUTORÍA

MAURICIO ALEXANDER MENDOZA MOREIRA y **JOSÉ ADRIÁN PINCAY CAMPOS**, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos 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.

MAURICIO M. MENDOZA MOREIRA

JOSÉ A. PINCAY CAMPOS

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

Q.F. PATRICIO NOLES AGUILAR, M.Sc, certifica haber tutelado el proyecto **EFICIENCIA DE CARBÓN ACTIVADO PROCEDENTE DEL COCO (*Cocos nucifera*) EN REMOCIÓN DE SÓLIDOS EN AGUAS RESIDUALES DE LA EMPACADORA DE PESCADO FRESCODEGFER** que ha sido desarrollado por **MAURICIO ALEXANDER MENDOZA MOREIRA Y JOSÉ ADRIÁN PINCAY CAMPOS**, 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, M.Sc.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de titulación **EFICIENCIA DE CARBÓN ACTIVADO PROCEDENTE DEL COCO (*Cocos nucifera*) EN REMOCIÓN DE SÓLIDOS EN AGUAS RESIDUALES DE LA EMPACADORA DE PESCADO FRESCODEGFER**, que ha sido propuesta, desarrollada por **MAURICIO ALEXANDER MENDOZA MOREIRA Y JOSÉ ADRIÁN PINCAY CAMPOS**, 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. Verónica Vera Villamil. Mg.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Jonathan Chicaiza Intriago. Mg.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Blga. María Fernanda Pincay, M.Sc.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme las fuerzas necesarias por cumplir este sueño que empezó hace cinco años atrás con muchas metas y deseos de superación, lo cual se dio gracias al esfuerzo y dedicación puesto cada día a lo largo de esta maravillosa experiencia universitaria, que pese a las adversidades nunca me dejó desfallecer y así alcanzar mis objetivos propuestos.

A mis padres y familiares que de alguna u otra forma me brindaron su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera universitaria y de esta manera cumplir con mis objetivos.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día.

José Adrián Pincay Campos

DEDICATORIA

El presente trabajo es dedicado a mis padres, hermanos y amigos que han sido parte fundamental en este proceso, y principales protagonistas de esta meta alcanzada.

A mi compañero de tesis Mauricio Mendoza por brindarme su amistad y apoyo durante estos cinco años en esta etapa universitaria.

Al Ing. Fabián Peñarrieta por su apoyo y dedicación, ya que siempre estuvo dispuesto a ayudarnos a lo largo de este proceso.

Al Q.F. Patricio Noles tutor de nuestra tesis por brindarnos el apoyo para concluir con éxito esta meta.

Y a todas las personas que de alguna u otra aportaron para que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

José Adrián Pincay Campos

AGRADECIMIENTO

Gracias principalmente a Dios por poder permitirme disfrutar de la vida y tener una magnífica familia que me apoya a pesar de las circunstancias tan difíciles por las que he pasado en el transcurso de la realización de la tesis.

A mis Padres que con su apoyo incondicional me han enseñado que nunca se debe dejar de luchar por lo que se desea alcanzar, ya que siempre tienen las palabras exactas para darme las fuerzas que necesito para seguir adelante.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día.

Mauricio Alexander Mendoza Moreira

DEDICATORIA

Este gran logro es dedicado a mis padres, a mis dos hermanos Jaime Corrales y Ángel Moreira, a amigos que han sido parte fundamental en este proceso que han llegado a ser como mi familia lejos de casa y principales siendo ellos protagonistas de esta meta alcanzada.

A mi compañero de tesis Adrián Pincay por brindarme su amistad y apoyo durante estos cinco años en esta etapa universitaria.

Al Ingeniero Fabián Peñarrieta por su apoyo y dedicación, ya que siempre estuvo dispuesto a ayudarnos a lo largo de este proceso

Al Q.F. Patricio Noles tutor de nuestra tesis por brindarnos el apoyo para concluir con éxito esta meta y a la empresa FRESCODEGFER por tener siempre las puertas abiertas y poder permitirnos poder trabajar conjuntamente con ellos.

Mauricio Alexander Mendoza Moreira

CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA.....	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
CONTENIDO GENERAL.....	ix
CONTENIDO DE CUADROS	xii
CONTENIDO DE FIGURAS.....	xiii
CONTENIDO DE GRÁFICOS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivo específicos	3
1.4. Hipótesis	3
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Aguas residuales.....	4
2.1.1. Tipos de aguas residuales.....	4
2.1.2. Composición de las aguas residuales industriales	5
2.1.3. Efectos negativos de las aguas residuales de empacadoras de pescado... ..	6
2.2. Filtros de carbón activado	6
2.2.1. Filtros de carbón activado a base de coco	7
2.2.2. Obtención del carbón activado	7
2.2.3. Tipos de carbón activado.....	9

2.2.4. Usos del carbón activado	10
2.3. Parámetros físicos	11
2.3.1. Sólidos suspendidos totales	11
2.3.2. Potencial de hidrógeno	12
2.3.3. Turbiedad	13
2.3.4. Color	14
2.4. Elaboración de un filtro a base de carbón activado obtenido del endocarpo de coco con el propósito de reducir la dureza en el agua potable	14
2.5. Elaboración de carbón activado a partir de materiales no convencionales, para ser usado como medio filtrante	15
2.6. Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua	15
2.7. Código orgánico ambiental	16
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	17
3.1. Ubicación	17
3.2. Duración.....	18
3.3. Métodos	18
3.3.1. Observación	18
3.3.2. Inductivo	18
3.3.3. Experimental.....	18
3.3.4. Estadística descriptiva	19
3.4. Factores en estudio.....	19
3.5. Diseño experimental	19
3.6. Unidad experimental	20
3.7. Variables a medir	21
3.8. Manejo del experimento	21
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
4.1. Caracterización de los parámetros físicos del agua residual de la empacadora de pescado frescodegfer	24
4.1.1. Proceso de congelado del pescado.....	24
4.2. Determinación de la proporción óptima de carbón activado procedente de coco (<i>cocos nucifera</i>) que mejore la remoción de sólidos del agua residual de la empacadora frescodegfer	27

4.2.1. Porcentajes de remoción de sst, turbidez y color en el afluyente	27
4.2.2. Variación del ph en el afluyente	30
4.3.3. Análisis estadístico de los parámetros físicos sst, turbidez y color.....	31
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	37
5.1. Conclusiones.....	37
5.2. Recomendaciones	37
BIBLIOGRAFÍA	38
ANEXOS	45

CONTENIDO DE CUADROS

2.1. Propiedades del carbón activado obtenido de distintos precursores.....	7
3.1. Niveles del factor en estudio.....	16
3.2. Dimensionamiento del filtro.....	17
3.3. Parámetros de control en el diseño experimental.....	18
4.1. Caracterización de los parámetros físicos del afluente de FRESCODEGFER.....	23
4.2. Porcentajes de remoción de los sólidos suspendidos.....	24
4.3. Porcentajes de remoción de turbidez.....	25
4.4. Porcentajes de remoción de color.....	26
4.5. Cumplimiento del 50% de remoción de los tratamientos T1, T2 y T3.....	27
4.6. Variación del pH en el afluente.....	28
4.7. Análisis de varianza de SST.....	28
4.8. Tukey de SST en el afluente.....	29
4.9. Comparación múltiple de SST.....	29
4.10. Análisis de varianza de turbidez.....	30
4.11. Tukey de turbidez en el afluente.....	30
4.12. Comparación múltiple de turbidez.....	30
4.13. Análisis de varianza de color.....	32
4.14. Tukey de color en el afluente.....	32
4.15. Comparación múltiple de color.....	32

CONTENIDO DE FIGURAS

3.1. Ubicación donde se desarrolló la investigación	14
3.2. Unidades experimentales con los tratamientos correspondientes.....	17
4.1. Diagrama de flujo del proceso de pescado congelado de la empresa FRESCODEGFER.....	22

CONTENIDO DE GRÁFICOS

4.1. Medias de los tratamientos para la variable SST.....	29
4.1. Medias de los tratamientos para la variable turbidez.....	31
4.3. Medias de los tratamientos para la variable color.....	33

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar la eficiencia del carbón activado procedente de la cáscara de coco (*Cocos nucifera*) en la remoción de sólidos del agua residual de la empacadora de pescado FRESCODEGFER. El experimento se condujo bajo un diseño completamente aleatorizado con tres réplicas y tres tratamientos T1 (25g), T2 (50g) y T3 (100g) de carbón activado. Se realizó la toma de la muestra in situ en el afluente, recopilando 10 litros de agua residual para el total de los análisis, controlando las condiciones de temperatura. Se efectuaron análisis físicos al agua tales como: sólidos suspendidos, turbidez, color y pH. En la caracterización de los parámetros físicos del agua residual se obtuvo 90 mg/l de SST, 200 NTU de turbidez, 433 Pt/Co de color y un pH de 7,22. Los porcentajes de remoción resultantes de los parámetros evaluados fueron procesados en el software estadístico Statgraphics, para realizar el análisis de varianza y prueba de Tukey. En la variable sólidos suspendidos totales el tratamiento T1 removió un 52%, siendo el más eficiente, en el tratamiento T3 las variables turbidez con 29% y color con 12% alcanzaron una alta remoción; validando la hipótesis de la investigación, debido a que existió diferencia significativa entre los tratamientos por variables.

Palabras claves: remoción de sólidos, carbón activado, agua residual.

ABSTRACT

The objective of the investigation was to evaluate the efficiency of activated carbon from the coconut shell (*Cocos nucifera*) in the removal of solids from the wastewater of the FRESCODEGFER fish baler. The experiment was conducted under a completely randomized design with three replicates and three treatments T1 (25g), T2 (50g) and T3 (100g) of activated carbon. The sample was taken in situ in the tributary, collecting 10 liters of wastewater for the total analysis, controlling the temperature conditions. Physical analyzes were carried out on the water such as: suspended solids, turbidity, color and pH. In the characterization of the physical parameters of the wastewater, 90 mg / l of SST, 200 NTU of turbidity, 433 Pt / Co of color and a pH of 7.22 were obtained. The removal percentages resulting from the parameters evaluated were processed in the Statgraphics statistical software, to perform the analysis of variance and Tukey test. In the variable total suspended solids, the T1 treatment removed 52%, being the most efficient, in the T3 treatment the turbidity variables with 29% and color with 12% reached a high removal; validating the research hypothesis, because there was a significant difference between treatments by variables.

Keywords: solids removal, activated carbon, wastewater.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Forero, Ortiz y Ríos (2005), manifiestan que las aguas residuales industriales presentan contaminantes que tienen una acción nociva sobre el medio ambiente, afectando el desarrollo natural de los ecosistemas principalmente por el cambio en sus condiciones físico-químicas tales como: olor, color, toxicidad entre otras; sin embargo, la efectividad de los procesos industriales se está viendo seriamente limitada en los últimos años principalmente por restricciones cada vez más severas, debido al mayor conocimiento del impacto de los contaminantes, la disminución de la disponibilidad de agua, y aumento de la demanda tanto humana como industrial, lo cual significa mayores caudales de agua residual a tratar.

Según Váscones (2012), el Ecuador es un país agrícola, pero su economía se mueve también a través del desarrollo pesquero y camaronero; la industria pesquera cuentan con grandes empacadoras, donde dicha actividad se somete a un proceso, por el cual el producto se conserva fresco y de calidad, ocasionando residuos líquidos industriales, derivados del proceso de producción y la limpieza de las instalaciones, en estas empresas se evidencia un inadecuado tratamiento de sus aguas residuales, al utilizar generalmente los sistemas tradicionales como la aplicación de bacterias sin un tratamiento primario.

En la provincia de Manabí, las empacadoras de pescado generan grandes cantidades de aguas residuales, lo cual ha creado problemas como insalubridad en las zonas de descargas, contaminación atmosférica por malos olores, pérdida del potencial turístico de la región, colapso del sistema de drenaje urbano, pérdida de eficiencia de la planta de tratamiento local entre otros; esto se debe que la mayoría de estas empresas no cuentan con sistemas propios de tratamiento y optan por evacuarlas, en algunos casos al sistema de alcantarillado doméstico, a las quebradas y ríos más cercanos a sus instalaciones, o en su defecto, al mar (Marín, Chinga, Velásquez y Zambrano, 2015).

En la ciudad de Manta en el kilómetro cinco y medio de la vía Manta-Jaramijó se encuentra ubicada la empacadora de pescado fresco FRESCODEGFER la cual genera

aguas residuales procedentes de las actividades que se realizan en la empresa, estas aguas pasan por un biodigestor quedando así con altas cantidades de sólidos suspendidos incumpliendo con los parámetros establecidos en el Libro VI Anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Secundaria Medio Ambiental, siendo descargadas así a la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad.

Ante lo mencionado se plantea la siguiente interrogante: ¿Cuál será la eficiencia de los filtros de carbón activado procedente de coco (*Cocos nucifera*) en la remoción de sólidos de las aguas residuales de la empacadora de pescado FRESCODEGFER?

1.2. JUSTIFICACIÓN

En la presente investigación se utilizó carbón activado procedente de coco ya que son ampliamente aplicados a procesos industriales y usos comerciales, el residuo de la cáscara de coco luego de pasar por un proceso agroindustrial tiene varias utilidades, en su mayoría con fines artesanales y también para el aprovechamiento en la obtención de carbón activado aplicándose como un método eficiente para remover olores, componentes orgánicos volátiles, colores y otros contaminantes de los fluidos (Reinoso y Sabio, 2002); por lo cual se pretende medir el grado de eficiencia del carbón activado ya que trabaja como un tamiz eliminando principalmente compuestos orgánicos que se encuentran en el agua, actuando, así como un purificador; posee poros menores a dos nanómetros, por lo cual son muy eficientes en los fenómenos de adsorción, este proceso se basa en la atracción de moléculas pesadas a una superficie sólida (Luna, González, Gordon y Martín, 2007).

El proyecto se encuentra enmarcado con lo expuesto en el objetivo 3 del Plan de Desarrollo Toda una Vida 2017 – 2021, que habla de garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones; el artículo 57 de la Ley de Recursos Hídricos del Ecuador, menciona que el derecho humano al agua es un derecho de todas las personas a disponer de agua limpia, suficiente, saludable, aceptable, accesible y asequible para uso personal y doméstico; en la Constitución de la República del Ecuador se reconoce el derecho a la protección de la naturaleza estableciendo leyes como las anteriormente mencionadas para la regulación y protección del recurso agua.

Con el propósito de regular las concentraciones elevadas de contaminantes en las aguas residuales de la empacadora de pescado FRESCODEGFER que previo a un tratamiento primario son descargadas a la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad, la presente investigación pretende medir la remoción de sólidos suspendidos totales y otros parámetros como: turbidez, color y pH, con el fin de evaluar la incidencia del carbón activado proveniente de la cáscara de coco (*Cocos nucifera*) y verificar su efectividad en la remoción de sólidos suspendidos totales.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la eficiencia del carbón activado proveniente de la cáscara de coco (*Cocos nucifera*) en la remoción de sólidos del agua residual de la empacadora de pescado FRESCODEGFER.

1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Caracterizar los parámetros físicos del agua residual de la empacadora de pescado FRESCODEGFER.
- Determinar la proporción óptima de carbón activado proveniente de Coco (*Cocos nucifera*) que favorezca la remoción de sólidos del agua residual de la empacadora FRESCODEGFER.

1.4. HIPÓTESIS

Uno de los filtros de carbón activado del coco (*Cocos nucifera*) removerá al menos 50% de sólidos suspendidos totales del agua residual de la empacadora de pescado FRESCODEGFER.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. AGUAS RESIDUALES

Coronel (2015) las define como aquellas que resultan luego de la utilización de un agua natural o potable después de haber sufrido un cambio a causa de las diferentes actividades que se realizan en el área industrial, al no tratar el agua residual y verterla directamente al alcantarillado contribuye a una de los principales causas de contaminación del medio y del patrimonio acuífero provocando una gran pérdida de ecosistemas y alterando la salud y el bienestar de la poblaciones aledañas a este tipo de empacadoras; el mal funcionamiento al momento de desechar las aguas residuales en cuerpos de agua dulces son causas de la propagación de enfermedades a través del agua.

Según Espejel y Ramírez (2001), las aguas residuales son aquellas aguas cuyas características físico químicas han sido alteradas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento, antes de tener diferentes usos y ser vertidas a un cuerpo natural de agua o ser descargadas al sistema de alcantarillado.

2.1.1. TIPOS DE AGUAS RESIDUALES

Según García y López (2005), las aguas residuales se pueden puntualizar como aquellas que, por uso del hombre, representan un peligro y deben ser desechadas, porque contienen gran cantidad de sustancias y/o microorganismos; dentro de este concepto se incluyen aguas con diversos orígenes:

- **Aguas residuales domésticas o aguas negras:** Es un producto de la utilización del agua en diferentes actividades del hogar, estas aguas suelen contener gran cantidad de materia orgánica y microorganismos, así como restos de jabones, detergentes, lejía y grasas.
- **Aguas blancas:** pueden ser de naturaleza atmosférica lluvia, nieve, hielo o del riego y limpieza de calles, parques y lugares públicos.
- **Aguas residuales industriales:** proceden de los procesamientos realizados en fábricas y establecimientos industriales y contienen aceites, detergentes,

antibióticos, ácidos y grasas y otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal. Su composición es muy variable, dependiendo de las diferentes actividades industriales.

- **Aguas residuales agrícolas:** procedentes de las labores agrícolas en las zonas rurales. Este tipo de agua residual contiene elevados niveles de contaminantes derivados tanto de ciertos productos químicos que se usan en la agricultura y la ganadería. Estas aguas se utilizan, en numerosos lugares para riego agrícola con o sin tratamiento.

2.1.2. COMPOSICIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

Según Moncayo y Zambrano (2018), las aguas residuales son aguas que han pasado por procesos industriales y que han recibido subproductos contaminantes como efecto a este uso que se les dio; además, indican que la calidad de estas aguas es sumamente variable y requiere un estudio particular para determinar el grado de incidencia de cada industria.

Cevallos (2019), manifiesta que dentro de la composición del agua residual industrial procedente de las empacadoras de pescado se encuentran subproductos como la sangre y vísceras de pescado por lo tanto el agua queda con parámetros que se destacan como lo son, sólidos suspendidos totales, turbiedad, color, variaciones en el pH y un alto contenido de materia orgánica.

Mendieta (2012), menciona que estos procesos industriales generan gran diversidad de aguas residuales, que puede provenir de diferentes orígenes como: agua usada como medio de transporte, de lavado y enjuague, de transformaciones químicas al utilizar el agua como disolvente, como subproducto de procesos físicos tanto de filtración como de destilación, entre otras.

2.1.3. EFECTOS NEGATIVOS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE EMPACADORAS DE PESCADO

Campoverde (2019), indica que uno de los efectos negativos más alarmante es la descarga inadecuada de este tipo de aguas sin un tratamiento previo, que afecta al medio ambiente con la proliferación de virus por la alta contaminación.

Alejandro y Loor (2018), afirman que son el efluente con mayor contenido de materia orgánica, y grasas que provocan alteraciones en el agua de mar, y a su vez son causantes de desequilibrios en las propiedades biológicas, físicas y químicas; Marín, Chinga, Velásquez y Zambrano (2015), manifiestan que entre las consecuencias que se generan en las zonas de influencia donde operan estas empresas se tiene los siguientes efectos negativos: contaminación de ríos y áreas costeras, problemas de insalubridad en la zonas de descarga, contaminación atmosférica por malos olores, pérdida del potencial turístico de la región, incumplimiento de la normativa legal vigente, colapso del sistema de drenaje urbano y pérdida de eficiencia de la planta de tratamiento local.

De acuerdo con Castro y Contreras (2018), las aguas residuales de una empacadora de pescado representan riesgos para la salud como para el medio ambiente cuando estos no son eliminados de forma correcta, es necesario siempre tomar medidas preventivas y correctivas para su tratamiento; el medio ambiente se ha convertido en uno de los temas principales en la actualidad, el hecho de saber cuidarlo y protegerlo se está volviendo más importante debido a las consecuencias que está afectando el entorno, por esos se están tomando medidas para eliminar la contaminación y uno de los puntos principales es el cuidado de los ríos y mares.

2.2. FILTROS DE CARBÓN ACTIVADO

Los procesos para tener agua de calidad han llevado la implementación de diversas técnicas para la eliminación de sustancias contaminantes presentes en el agua, es así que una de las etapas de purificación es la filtración por medio de filtros a base de carbón activado ya que este material contiene gran adsorción superficial, debido a la saturación de los poros con sustancias contaminantes; la absorción en el carbón activado se debe

a un desequilibrio de fuerzas que se genera en toda la superficie formada por átomos de carbón activado, que tienden a formar sus cuatro enlaces perfectamente distribuidos en tres coordenadas en el espacio, ya que esto sucede en los átomos de carbono que forman parte de una superficie sólida (Mañay y Vicente, 2013).

2.2.1. FILTROS DE CARBÓN ACTIVADO A BASE DE COCO

El carbón activado se fabrica a partir de cualquier material carbónico como la madera, el carbón mineral, la cáscara de coco, el cual es clasificado según el tamaño, carbonizado y activado para crear la enorme área de superficie y la estructura interna del poro que define las propiedades del carbón activado (Carrillo y Sánchez, 2013).

En el cuadro 2.1, se tienen algunas propiedades del carbón activado obtenido de diversos precursores.

Cuadro 2.1. Propiedades del carbón activado obtenido de distintos precursores.

Propiedad	Coco	Carbón Bituminoso	Lignita	Madera
Microporos	Altos	Altos	Medianos	Bajos
Macroporos	Bajos	Medianos	Altos	Altos
Dureza	Alta	Altas	Baja	Mediana
Cenizas (%)	5	10	20	5
Cenizas solubles en agua	Altas	Bajas	Altas	Medianas
Polvo	Bajo	Mediano	Alto	Mediano
Regeneración	Buena	Buena	Pobre	Regular
Densidad aparente (g/cc)	0.48	0.48	0.3g	0.35
Numero de lodo	1100	1000	600	1000

Fuente: Carrillo y Sánchez (2013).

2.2.2. OBTENCIÓN DEL CARBÓN ACTIVADO

Es una materia carbonizada de origen vegetal o animal, este se presenta como carbón activado debido a la materia carbonizada que presenta un elevado grado de porosidad y una considerable superficie interna, y consta con ciertos grupos de grupos químicos superficiales como el oxígeno y el nitrógeno que hacen posible la remoción de ciertas sustancias (Solís *et al.*, 2012).

Según Luna *et al.*, (2007), indican que a partir de la cáscara de coco se pueden obtener diferentes tipos de carbón activado para diversas aplicaciones variando las condiciones

de preparación, este proceso se da a partir de la activación de la cáscara de coco a una temperatura de 800 °C, con la presencia de vapor de agua se puede obtener carbón hidrofílico (afinidad con el agua) microporoso, apropiado para aplicaciones que involucran separación de gases; pero, si se activa a menor temperatura (450 °C) usando un agente químico, como ácido fosfórico o cloruro de zinc, se puede obtener un carbón hidrofílico de poros más anchos (con mesoporos > 2 nm) apropiado para aplicaciones en fase líquida.

2.2.2.1. ESTRUCTURA DEL CARBÓN ACTIVADO

Basso y Cukierman (2004), manifiestan que el carbón activado es un material que se caracteriza por tener una estructura porosa altamente desarrollada, que contiene una alta capacidad adsorptiva, en los últimos años la demanda de carbón activado se ha incrementado notablemente debido a la mayor diversidad de aplicaciones tanto en la fase líquida y gaseosa, y su relativo bajo costo, en especial su creciente empleo en aplicaciones vinculadas a la protección del medio ambiente.

2.2.2.2. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL CARBÓN ACTIVADO

De Yuso (2012), afirma que la estructura porosa del carbón activado es tan desarrollada a los procesos de adsorción, que le otorgan su principal característica que es la gran capacidad de adsorción, por lo cual, es considerado como un material absorbente muy versátil debido a que su tamaño y la distribución de sus poros pueden ser controlados por elección del precursor, el método de activación y el control de las preparaciones va de acuerdo a los poros que se clasifican en función de su tamaño de diámetro en tres grupos principales, como se muestra a continuación:

- Microporos: diámetro de poro menor de 2 nm.
- Mesoporos: diámetro de poro entre 2 nm y 50 nm.
- Macroporos: diámetro de poro mayor de 50 nm.

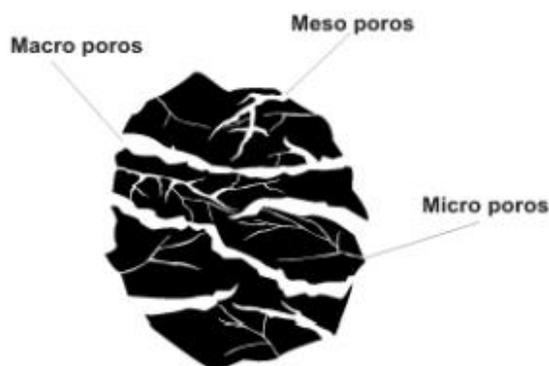


Figura 2.1. Propiedades físicas y químicas del carbón activado.

2.2.3. TIPOS DE CARBÓN ACTIVADO

Según Orozco (2013), el carbón activado puede clasificarse de acuerdo al tamaño de las partículas existiendo dos grupos:

- **Carbón activado en polvo (CAP):** Los CAP tienen un tamaño menor a 100 nm, siendo los típicos entre 15nm y 25nm.
- **Carbón activado granular (CAG):** Los CAG presentan un tamaño medio de partícula entre 1 mm y 5mm. Los CAG pueden dividirse en dos categorías:
 - **Carbón activado troceado (o sin forma):** Los carbones activados troceados se obtienen por molienda, tamizado y clasificación de briquetas de carbón o trozos más grandes.
 - **Carbón activado conformado (o con una forma específica):** Los carbones conformados pueden obtenerse por peletización o por extrusión de carbón en polvo mezclado con distintos tipos de aglomerantes. Los carbones activados pueden presentar superficies específicas del orden de 500 m²/g a 2000 m²/g e incluso llegar a los 3000 m²/g.

2.2.4. USOS DEL CARBÓN ACTIVADO

El carbón activado tiene diferentes aplicaciones algunas de ellas están relacionadas con el tratamiento del agua potable y residual, industrial alimenticia, farmacéuticos, decoloración y edulcorantes (Pazmiño, 2007).

Cuadro 2.2. Aplicaciones del carbón activado.

Aplicaciones	Descripción
Tratamiento de agua potable.	Remoción de contaminantes orgánicos, emisión de olores y clarificación.
Industria alimenticia.	Descolorización del vinagre, remoción de etileno de las plantas de almacenamiento de frutas.
Producción de bebidas.	Remoción de grasas, sabores indeseables, aldehidos y fenoles de brandy y la cerveza.
Industria hidrometalurgia.	Recuperación de oro por proceso de carbón en pulpa, en lecho y en columna.
Industria petroquímica.	Clarificación del crudo, remoción de contaminantes Hidrocarburíferas, reciclaje de condensado de vapor para alimentar calderos.
Tratamientos de aguas residuales industriales.	Reducción de halógenos totales de la demanda biológica (BOD) y química (COD).
Industria química.	Recuperación de solventes orgánicos para reciclaje, control de emisiones de vapor, soporte para catalizar reacciones.
Medicina.	Remoción de toxinas bactericidas y como antídoto para envenenamiento con alcaloides, fósforo, fenoles y hongos.
Respiradores industriales.	Remoción de vapores tóxicos.

Fuente: Pazmiño, (2007).

2.2.4.1. FILTROS DE CARBÓN ACTIVADO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA

La mayoría de las nuevas tecnologías pretenden desarrollar sistemas de tratamientos de filtros con la utilización del carbón activado que no solamente sirvan para la remoción de metales pesados sino también para la remoción de otros contaminantes, tales como componentes orgánicos u otros parámetros físicos como los es la turbiedad, el color, los sólidos suspendidos totales y la variación del pH, que constituyen una parte importante de lo que son los efluentes líquidos (Toriz *et al.*, 2006).

2.2.4.2. VIDA ÚTIL DE UN FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO

Noboa (2008), manifiesta que para poder determinar la vida útil del carbón activado es preciso realizar experimentos de reactivación del carbón, para llevar a cabo esto se necesita hacer un tratamiento técnico del carbón activado después que haya alcanzado su punto de ruptura, para lo cual se coloca en una bandeja de aluminio, luego en una

estufa a 110 °C por 24 horas. Posteriormente se efectúa una curva de ruptura utilizando el mismo caudal del agua. Se mide nuevamente el porcentaje de remoción de los parámetros físicos estipulados con anterioridad y el tiempo de ruptura, si no existe variación en la curva de ruptura se repetirá el proceso de reactivación, hasta que el carbón activado empeore en su comportamiento de remoción con lo que se podrá determinar el tiempo de vida útil del lecho del carbón en el filtro.

De hecho, es importante mencionar que la cantidad de sólidos suspendidos que causan la turbidez en el agua son los responsables de la disminución drástica de la vida útil de los filtros por lo que es pertinente incluir un tratamiento primario previo al ingreso de agua a los filtros de carbón activado (Cruz *et al.*, 2016).

2.2.4.3. IMPORTANCIA DE LOS FILTROS DE CARBÓN ACTIVADO EN EMPRESAS

Los avances tecnológicos han logrado mejorar los procesos industriales con la implementación de un sistema de control y un sistema de retro lavado con el fin de asegurar un control de los flujos de los filtros de carbón activado y aumentar la vida útil de los mismos para poder obtener aguas residuales que estén dentro de los parámetros permisibles y teniendo como punto principal la conservación del medio ambiente (Serrano, 2009).

2.3. PARÁMETROS FÍSICOS

2.3.1. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES

Los sólidos suspendidos totales (SST) incluyen al plancton, minerales de arcilla, arena, limo, coloides agregados, materia orgánica e inorgánica finamente dividida y otros microorganismos en el agua. Pueden provenir de varias fuentes y se dividen de acuerdo con la composición, ya sea orgánica o inorgánica; pueden originarse en fuentes alóctonas o autóctonas, de levantamiento de tierra o resuspensión (Beltrán y Rangel, 2012). Para la determinación de este parámetro en laboratorio, los sólidos suspendidos totales son el residuo no filtrable de una muestra de agua natural o residual industrial o doméstica, se define como la porción de sólidos retenidos por un filtro de fibra de vidrio

que posteriormente son secados a 103 -105 °C hasta llegar a un peso constante (Orejuela, 2013).

Los SST se asocian a la turbidez, color del agua, obedece también a la dinámica de los ríos, en cuanto al tipo de material del cauce y el clima de la región (precipitación). Valores altos de SST (>1000 mg L⁻¹) afectan la entrada de luz, limitando el desarrollo de la vida acuática, así como es posible que transporte sustancias tóxicas o nocivas cuando existe partículas pequeñas (< 63 µm) (Ramírez, 2017).

2.3.2. POTENCIAL DE HIDRÓGENO

El pH es un término que nos muestra la concentración de iones hidrógeno en una disolución, se trata de una medida de acidez de la disolución, si representamos como escala una recta ubicando valores del 0 al 6, son valores que representan la acidez, la cual aumenta su nivel cuando más se aleja del valor neutro, es decir del número 7, siendo la parte derecha la recta de valores, la representándose de los valores básicos, que van en una escala del 8 al 14, o lo que es lo mismo si se dice que, las disoluciones ácidas son aquellas con pH menor a 7, siendo las disoluciones alcalinas, mayores de 7 (Mansilla, 2014).

Las cuantificaciones del pH son de mucha importancia en diversas ramas del conocimiento científico como la biología, la medicina, la química, la agricultura, la silvicultura, la ciencia de los alimentos, las ciencias ambientales, la oceanografía, la ingeniería química, la nutrición, el tratamiento y la depuración de aguas entre muchas otras (Alméciga y Muñoz, 2013).

El valor del pH se puede medir de forma precisa mediante un potenciómetro, también conocido como pH-metro, un instrumento que mide la diferencia de potencial entre dos electrodos: un electrodo de referencia y un electrodo de vidrio que es sensible al ión hidrógeno; también se puede medir de forma aproximada el pH de una disolución empleando indicadores, ácidos o bases débiles que presentan diferente color según el pH; generalmente se emplea papel indicador, que se trata de papel impregnado de una mezcla de indicadores cualitativos para la determinación del pH. El papel de litmus o

papel tornasol es el indicador mejor conocido. Otros indicadores usuales son la fenolftaleína y el naranja de metilo (Cueva, Hebert y Zegarra, 2016).

2.3.3. TURBIEDAD

La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión, mide la claridad del agua (González, 2011); es el efecto óptico que se origina al dispersarse o inferirse el paso de los rayos de luz que atraviesan una muestra de agua, a causa de las partículas minerales u orgánicas que el líquido puede contener en forma de suspensión, tales como: microorganismos, arcilla, precipitaciones de óxidos diversos, carbonato de calcio precipitado, compuestos de aluminio, entre otros; esta no es generalmente usada como una forma de control de aguas residuales crudas pero puede ser medida para caracterizar la eficiencia del tratamiento secundario una vez que, pueda ser relacionada con la concentración de los sólidos en suspensión (Miranda y Chang, 2009).

Según Carpio (2007), la turbiedad en el agua es causada por materia suspendida y coloidal tal como arcilla, sedimento, materia orgánica e inorgánica dividida finamente, plancton y otros microorganismos microscópicos; es una expresión de la propiedad óptica que causa la luz al ser dispersada y absorbida en vez de transmitida sin cambios en la dirección del nivel de flujo a través de la muestra: en otras palabras, es la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea reemitida y no transmitida a través de la suspensión, a mayor intensidad de dispersión de la luz, la turbiedad será mayor.

El método normalizado para la determinación de turbiedad se ha realizado con base en el turbidímetro, el reporte de los resultados de las mediciones nefelométricas se hace como unidades de turbiedad nefelométrica (NTU); el rango de lectura del turbidímetro utilizado en el Laboratorio se encuentra entre 0 NTU y 10.000 NTU, sin embargo, el intervalo de trabajo va desde 2,0 hasta 1750 NTU, este método se aplica en este laboratorio para el análisis de todo tipo de aguas y está estandarizado con un intervalo de aplicación entre 2,0 y 8750 NTU (Trujillo *et al.*, 2014).

2.3.4. COLOR

Según Escobar y Shuberth (2014), el agua pura es incolora, pero el agua en la naturaleza está coloreada a menudo por sustancias externas, como la materia orgánica del suelo, vegetación, minerales y organismos acuáticos normalmente presentes en las aguas naturales, también pueden contribuir los residuos municipales e industriales; el color del agua se debe parcialmente a los sólidos disueltos que permanecen después de haber eliminado la materia orgánica en suspensión se conoce como color verdadero.

De acuerdo a Trujillo y Cajigas (2018), encontrar una definición clara sobre el concepto de color es sumamente complejo, ya que esta propiedad por ser una respuesta ocular y de los mecanismos nerviosos a un estímulo que produce una sensación subjetiva percibida por el observador, de acuerdo con esto el color se dice que es un conjunto de sensaciones las cuales son interpretadas por nuestro cerebro, que dependen de la composición espectral de la luz con la que se ilumina y la capacidad del objeto para absorber, reflejar, reflectar o emitir estas ondas electromagnéticas.

2.4. ELABORACIÓN DE UN FILTRO A BASE DE CARBÓN ACTIVADO OBTENIDO DEL ENDOCARPO DE COCO CON EL PROPÓSITO DE REDUCIR LA DUREZA EN EL AGUA POTABLE

Se tomó como referencia la investigación realizada por Carrillo y Sánchez (2013), la cual tuvo como finalidad desarrollar una alternativa de solución para disminuir cloro, calcio y magnesio en el agua potable de consumo, además de optimizar un recurso considerado en el país como desecho tal es el residuo del coco; por lo que se propuso la elaboración de un filtro a base de carbón activado obtenido mediante la carbonización del endocarpio del coco con el fin de verificar si este es capaz de reducir la concentración de compuestos minerales presentes en el agua potable; en este estudio se realizó la determinación de dureza total, cloro residual y pH a diez muestras de agua potable utilizada en los Laboratorios de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

2.5. ELABORACIÓN DE CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE MATERIALES NO CONVENCIONALES, PARA SER USADO COMO MEDIO FILTRANTE

La presente investigación engloba la elaboración de carbón activado a partir de tres materiales precursores no convencionales: cascarilla de arroz, pepa de zapote y cáscara de plátano. Su preparación, activación y carbonización, así como los correspondientes ensayos del carbón fueron realizados en los laboratorios de mecánica de suelos y de ensayos de materiales de la facultad de ciencia de la tierra y de mecánica, Guayaquil, Ecuador. El carbón activado es un poderoso absorbente creado a base de materiales carbonosos, muy utilizado en el sector industrial en la recuperación de solventes, control de olores, descontaminación de aguas, decoloración de licores, jugos, vinagres, respiradores de cartucho, purificación de aire, entre otros (Navarrete, Quijano y Vélez, 2014).

2.6. LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA

Art. 38.- Prohibición de autorización del uso o aprovechamiento de aguas residuales. La Autoridad Única del Agua no expedirá autorización de uso y aprovechamiento de aguas residuales en los casos que obstruyan, limiten o afecten la ejecución de proyectos de saneamiento público o cuando incumplan con los parámetros en la normativa para cada uso.

Art. 80.- Vertidos: prohibiciones y control. Se consideran como vertidos las descargas de aguas residuales que se realicen directa o indirectamente en el dominio hídrico público. Queda prohibido el vertido directo o indirecto de aguas o productos residuales, aguas servidas, sin tratamiento y lixiviados susceptibles de contaminar las aguas del dominio hídrico público.

2.7. CÓDIGO ORGÁNICO AMBIENTAL

Art. 196.- Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales deberán contar con la infraestructura técnica para la instalación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales, de conformidad con la ley y la normativa técnica expedida para el efecto. Asimismo, deberán fomentar el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización, siempre y cuando estas recuperen los niveles cualitativos y cuantitativos que exija la autoridad competente y no se afecte la salubridad pública. Cuando las aguas residuales no puedan llevarse al sistema de alcantarillado, su tratamiento deberá hacerse de modo que no perjudique las fuentes receptoras, los suelos o la vida silvestre. Las obras deberán ser previamente aprobadas a través de las autorizaciones respectivas emitidas por las autoridades competentes en la materia.

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La investigación se realizó en la empacadora de pescado FRESCODEGFER, ubicada en el cantón Manta provincia de Manabí, la cual presenta las siguientes coordenadas en UTM, 0° 5' 38.940" de latitud sur y 98° 92' 400" de longitud oeste a 17 m.s.n.m.

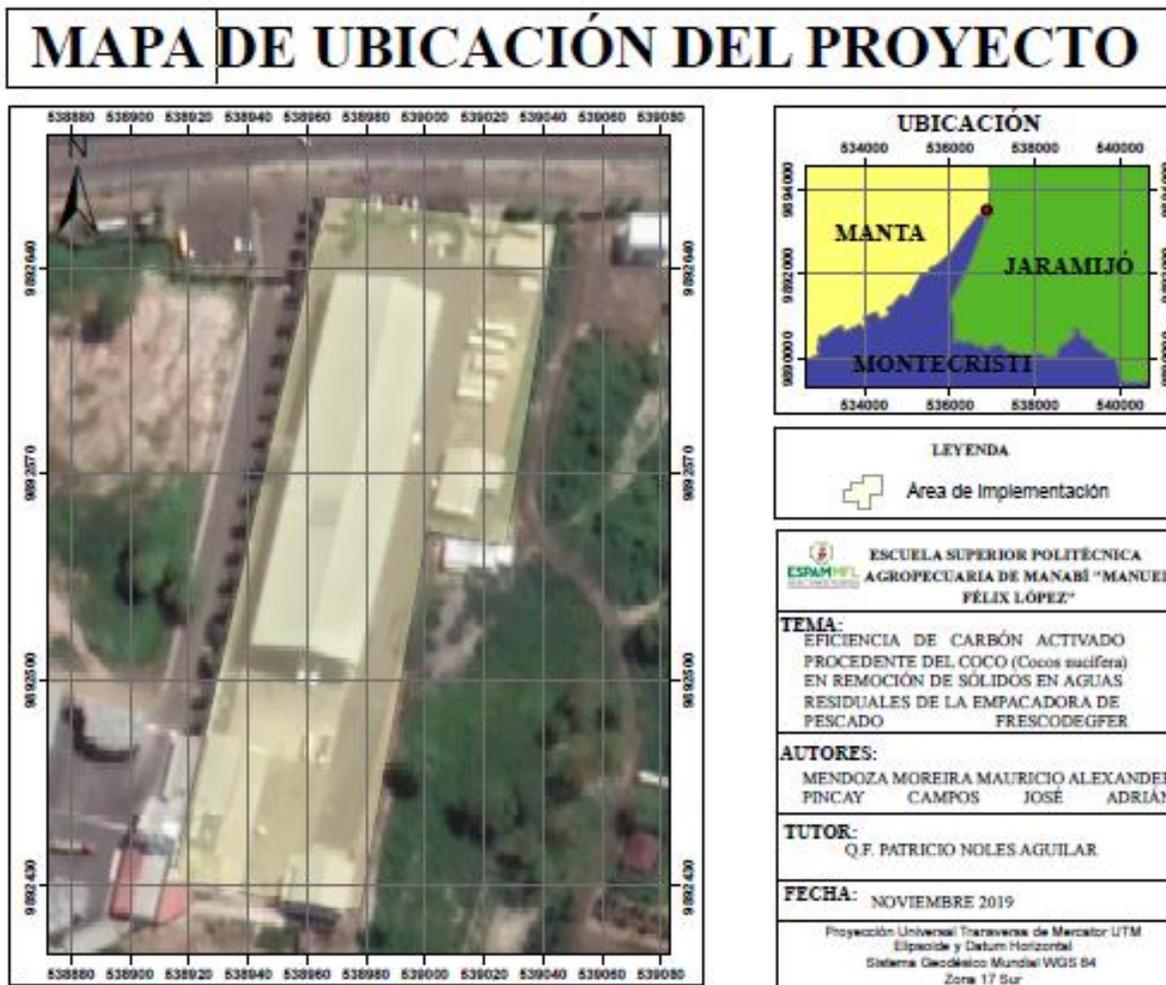


Figura 3.1. Ubicación donde se desarrolló la investigación (Fuente: Autores).

3.2. DURACIÓN

La presente investigación tuvo una duración de 9 meses, a partir de la aprobación del trabajo de investigación.

3.3. MÉTODOS

En el trabajo de titulación se aplicaron los siguientes métodos para la medición de las variables:

3.3.1. OBSERVACIÓN

Este método consistió en la obtención de información acerca de los procesos en lavado de pescado fresco de la empacadora de pescado FRESCODEGFER, en el área de influencia, además de esto también se observaron los aspectos ambientales provocados por dicha actividad.

3.3.2. INDUCTIVO

La inducción es una forma de razonamiento en la que pasa del conocimiento de casos particulares (filtros de carbón activado procedente de coco) a un conocimiento más general, (remoción de sólidos en aguas residuales de empacadoras) que refleja lo que hay de común en los fenómenos individuales, su base es la repetición de hechos y fenómenos de la realidad, encontrando los rasgos comunes en un grupo definido, para llegar a conclusiones generales que lo caracterizan.

3.3.3. EXPERIMENTAL

Este método consistió en el manejo de las variables experimentales no comprobadas, en escenarios controlados, con el propósito de detallar de qué modo o por qué motivo se genera una situación en específico, se observaron los factores a estudiar, se estableció una hipótesis para explicar dichos factores, se indujeron las consecuencias y se comprobó su nivel de eficiencia de remoción.

3.3.4. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

La estadística descriptiva permitió recolectar, analizar y caracterizar un conjunto de datos, con el objetivo de describir las características y comportamientos de este conjunto mediante medidas de resumen, tablas y gráficos. Por lo cual, para el análisis de la información se utilizó el software Statgraphics en el que se analizaron las siguientes técnicas:

- ANOVA.
- Prueba de Tukey ($p < 0,05$).

3.4. FACTORES EN ESTUDIO

El factor en estudio fue la proporción de carbón activado procedente de coco (*Cocos nucifera*).

Cuadro 3.1. Niveles del factor en estudio.

Nivel	Proporción (g de carbón activado)
T ₁	25
T ₂	50
T ₃	100

Fuente: Autores.

3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se realizaron tres tratamientos, con tres repeticiones, con un total equivalente a 9 unidades experimentales, se aplicó un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA) el cual se emplea cuando las unidades experimentales son suficientemente homogéneas entre sí, es decir cuando la variación entre ellas es pequeña, por ende los tratamientos se aplican aleatoriamente al azar sobre las unidades experimentales, bajo la condición de que cada unidad experimental deberá tener la misma probabilidad de recibir un tratamiento particular.

3.6. UNIDAD EXPERIMENTAL

En la figura 3.2, se representan las 9 unidades experimentales que fueron construidos de manera homogénea acorde al prototipo, a su vez estos fueron acoplados a un soporte metálico para estabilizarlos y evitar el movimiento de las unidades experimentales.

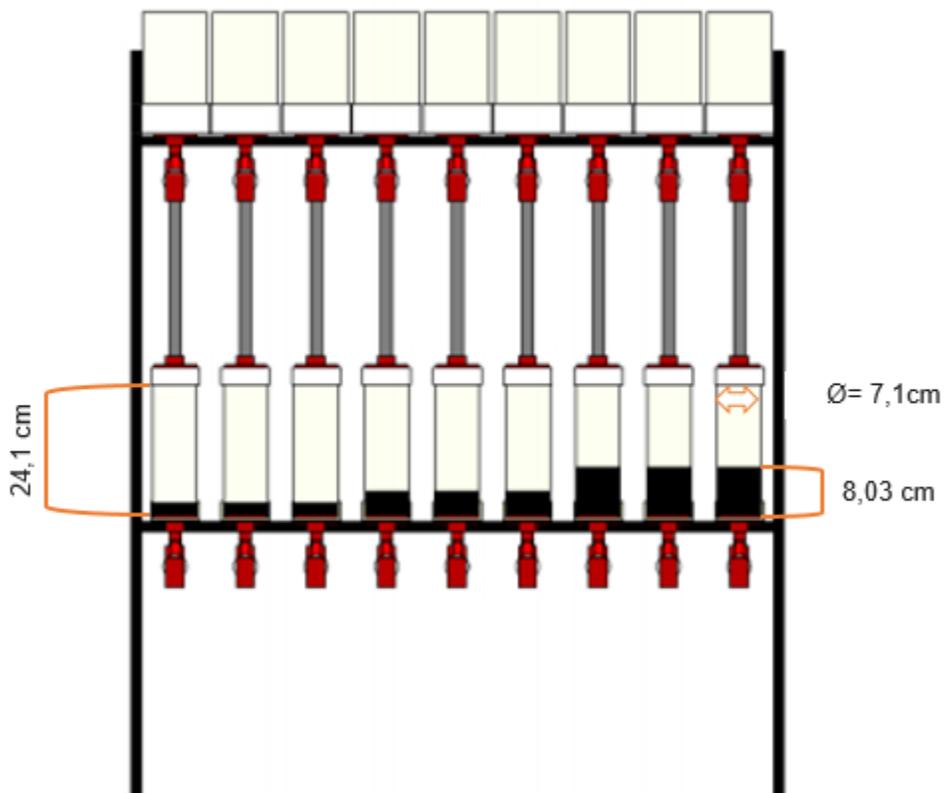


Figura 3.2. Unidades experimentales con los tratamientos correspondientes.

Los filtros fueron diseñados basándose en el tratamiento con mayor cantidad de carbón activado (100g), con un volumen de 316 cm^3 y altura del carbón activado de 8,03 cm; con lo que se obtuvo, el área, el diámetro y la altura de la zona filtrante; los parámetros de dimensionamiento se encuentran especificados en el cuadro 3.2.

Cuadro 3.2. Dimensionamiento del filtro.

Dimensionamiento del filtro		
Parámetro	Ecuación	Resultado
Área de filtración	$A = \frac{V_{ca}}{h}$	39,6 cm ²
Diámetro de filtración	$D = \sqrt{\frac{4xA}{\pi}}$	7,1 cm
Altura de filtración	$H = 3 * h$	24,1 cm

Fuente: Bravo y Garzón, (2017).

3.7. VARIABLES A MEDIR

Variable independiente: Proporción de carbón activado.

Variable dependiente: Remoción de sólidos en aguas residuales.

3.8. MANEJO DEL EXPERIMENTO

El procedimiento de la investigación se desarrolló en base a los objetivos específicos:

FASE I: CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS DEL AGUA RESIDUAL DE LA EMPACADORA DE PESCADO FRESCODEGFER

Actividad 1: Recolección de la muestra

Se procedió a la toma de la muestra del afluente in situ en el tanque de estabilización a una profundidad de 50 cm, para los respectivos análisis físicos se recopilaron 10 litros de muestra en una caneca de PVC (Policloruro de vinilo), controlando las condiciones de temperatura.

Para la determinación de los SST se utilizó el equipo de filtración, para el color se utilizó el equipo Spectro Move 100 Merck y turbidez se realizó por medio del equipo Milwaukee Mi 415, esto se llevó a cabo para la obtención de los datos iniciales de la muestra.

Actividad 2: Determinación de los parámetros físicos

Para la determinación de los parámetros físicos se utilizó 1 L de agua residual por cada unidad experimental, luego se procedió a vaciar la muestra en los filtros de carbón

activado a base coco, para evaluar cada parámetro se utilizaron los siguientes métodos como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 3.3. Parámetros de control en el diseño experimental.

Parámetros	Métodos	Unidad
Sólidos suspendidos	Gravimetría	mg/l
pH	Potenciometría	-
Turbiedad	Espectrofotometría	NTU
Color	Espectrofotometría	Pt/Col

Fuente: Autores.

Se procedió a emplear el método gravimétrico para determinar los SST de las unidades experimentales. Para ello se pesó el papel filtro al vacío, y se colocó en la base del equipo de filtración, después se agregó 100 ml de la muestra de agua residual ya filtrada al equipo, luego de esto se retiró el papel filtro y se llevó a la estufa a una temperatura de 105°C por una hora, pasado este tiempo se lo llevo al desecador por 25 minutos para realizar el peso final. El mismo procedimiento se realizó para cada una de las unidades experimentales de las muestras tratadas.

Para la determinación de turbidez se utilizó el equipo espectrofotómetro Milwaukee Mi 415, en el cual se agregó 10 ml de la muestra del agua residual en la cubeta por cada tratamiento y se introdujo al equipo para tomar lectura.

Para determinación el color se empleó equipo Spectro Move 100 Merck, se tomó el blanco (agua destilada) para calibrar el equipo, después se hizo una dilución 10/100 ml a la muestra, debido a que el agua residual pasó el límite detección del equipo.

FASE II: DETERMINACIÓN DE LA PROPORCIÓN ÓPTIMA DE CARBÓN ACTIVADO PROCEDENTE DE COCO (*Cocos nucifera*) QUE MEJORE LA REMOCIÓN DE SÓLIDOS DEL AGUA RESIDUAL DE LA EMPACADORA FRESCODEGFER.

Actividad 3: Aplicar un diseño completamente aleatorizado

Se aplicó un diseño completamente aleatorizado, dado a que es flexible en cuanto a que el número de tratamientos y de repeticiones, el número de repeticiones puede variar de un tratamiento a otro. En la investigación se usó tres tratamientos que contienen

diferentes proporciones de carbón activado elaborado a partir del residuo agroindustrial de coco con tres repeticiones, dando un total de 9 unidades experimentales.

Actividad 4: Cálculo del porcentaje de remoción

Con el fin de evaluar las condiciones de operación de los filtros en el tratamiento del agua residual de empacadora (filtración) y determinar si produce cambios en la calidad del agua, se calculó el porcentaje de remoción de sólidos suspendidos, turbidez, color, y la variabilidad del pH en función de la ecuación 3.1 propuesta por (Chuchón y Aybar, 2008):

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

Dónde:

- P_i = Parámetro inicial
- P_f = Parámetro final

Actividad 5: Análisis estadístico

Obtenido los datos de la caracterización, se procesaron en el programa estadístico Statgraphics, este software permite manejar bancos de datos de gran magnitud y también efectuar análisis estadísticos (ANOVA y la Prueba de Tukey) para determinar la significancia estadística con un 95% de probabilidad, se analizaron los datos de sólidos suspendidos, turbidez y color del agua residual de la empacadora de pescado FRESCODEGFER con las diferentes proporciones de carbón activado de coco.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS DEL AGUA RESIDUAL DE LA EMPACADORA DE PESCADO FRESCODEGFER

4.1.1. PROCESO DE CONGELADO DEL PESCADO

La concentración de sólidos suspendidos totales, turbidez, color y pH del afluente son generadas por las siguientes actividades:

- **Sección Recepción de la materia prima**

- a) Recepción de los productos del mar en buen estado de calidad y sanitario, en gavetas plásticas.
- b) Desempacar los productos del mar.
- c) Distribución de los productos del mar al departamento de procesamiento.

- **Sección de Procesamiento y Clasificación**

- a) Clasificación de los productos del mar por tamaño y especie.
- b) Procesamiento de los productos del mar en:
 - c) Filetes.
 - d) Con vísceras y entero.
 - e) Sin vísceras y entero.
 - f) Corte (HG), sin cabeza y sin vísceras.
 - g) Corte (HGT), sin cabeza, sin vísceras y sin cola.

- **Sección de envasado y congelación**

- a) Tendido de plásticos en las bandejas.
- b) Distribución de los productos del mar por tamaño y clasificación.
- c) Colocación de bandejas en carros de almacenamiento.

d) Ingreso del producto del mar a la sala de congelación.

- **Sección empaque y comercialización**

a) Extraer los productos del mar congelados para ser empacados en cajas de cartón de 10, 20 y 50 kilos.

b) Cortado del producto del mar antes de ser empaquetado.

c) Almacenamiento en cuarto frío de mantenimiento.

d) Comercialización de los productos del mar en su diversa presentación.

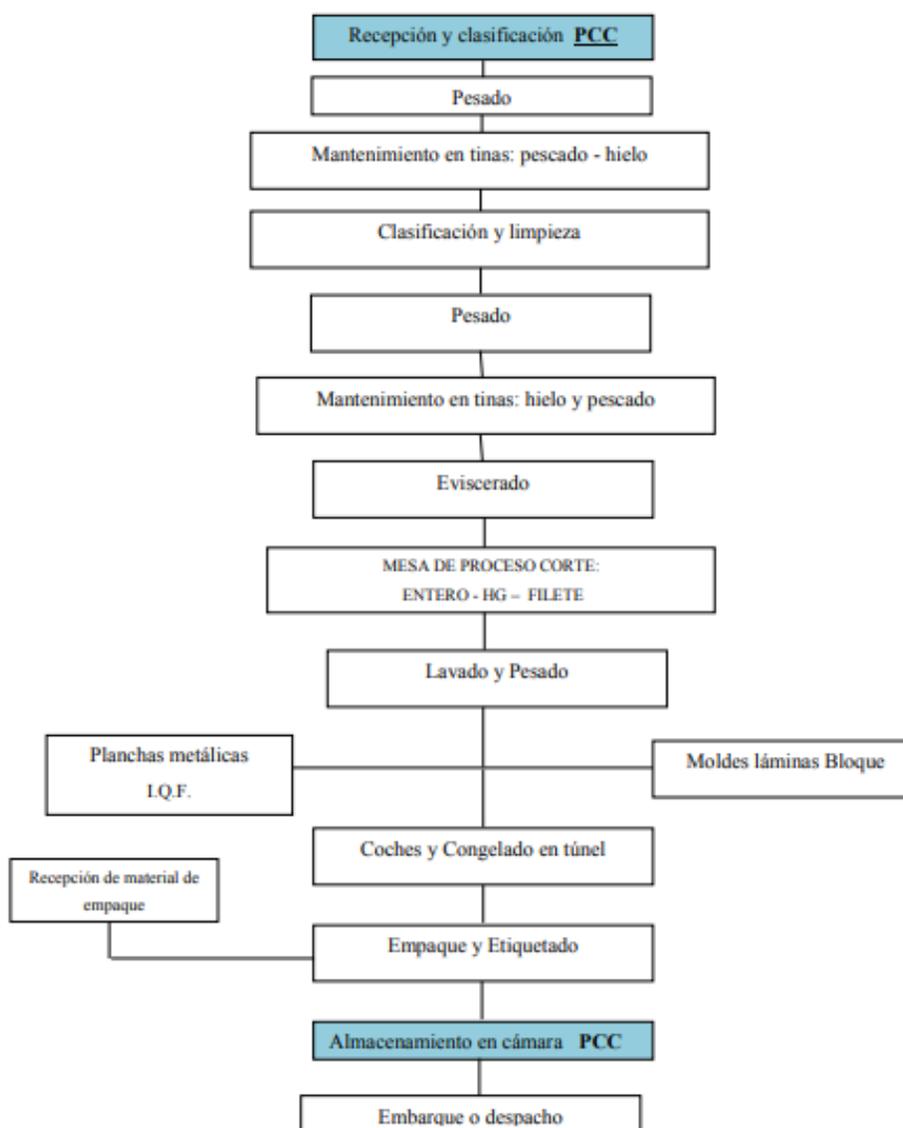


Figura 4.1. Diagrama de flujo del proceso de pescado congelado de la empresa FRESCODEGFER.

Cuadro 4.1. Caracterización de los parámetros físicos del afluente de FRESCODEGFER.

Parámetro	Método	Unidad	Afluente
Turbidez	Espectrofotométrico	NTU	200
pH	Potenciómetro	---	7,22
Color	Espectrofotométrico	Pt/Co	433
S. suspendidos	Gravimétrico	mg/l	90

Fuente: Autores.

En el cuadro 4.1. Se muestran los datos de la caracterización del afluente de la empacadora FRESCODEGFER. En efecto el afluente tuvo 200 NTU de turbidez, dicho valor se relaciona con lo encontrado por Alejandro y Loor (2018), en su estudio de tratamiento de aguas residuales de empacadora de pescado con micro-alga *Chlorella Vulgaris* origen marino mediante fotobiorreactores donde la turbidez fue 224 NTU, el mismo autor encontró 800 Pt/Co valores que fueron inferiores a los encontrados en el estudio 433 Pt/Co; Marín, Chinga, Velásquez, Gonzáles y Zambrano (2015), en la investigación de tratamiento de aguas residuales de una industria de procesamiento de pescado en reactores anaeróbicos por lotes, los sólidos suspendidos del afluente presentaron valores medios entre 88.44 mg/L y 109mg/L de SST valor que se asemeja al reportado en este estudio 90 mg/l, en lo concerniente al pH se obtuvo un valor de 7, similar al del agua residual de la empacadora FRESCODEGFER con un valor de 7,22.

Los datos caracterizados se deben a la naturaleza del agua residual; Del Pezo (2013), indica que en proceso de lavado de la materia prima (pescado) se realizan cambios de agua y de hielo las veces que sea necesario hasta que el producto esté limpio y no exista exceso de sangre; así mismo Mendieta (2012), menciona que los medios de transporte, de lavado, enjuague y transformaciones químicas al usar en agua como disolvente como subproducto de procesos físicos de filtración o destilación genera contaminantes como metales pesados, y ciertas sustancias orgánicas pueden encontrarse en forma disuelta o en suspensión, que por su naturaleza química pueden ser orgánicos e inorgánicos, como color, turbidez, acidez o alcalinidad entre otros.

Por otro lado Llerena (2016), denota que los problemas que se generan en el área de producción es el excesivo uso de agua para el lavado de los equipos y maquinarias que se utilizan; además no se tiene la precaución necesaria en el desarrollo de las actividades

para evitar ensuciar o contaminar, pues el personal de limpieza tiene que desinfectar el área de trabajo cada turno, para que no se contamine el producto, esto ocasiona el uso excesivo de detergentes, cloro, desinfectante entre otros.

4.2. DETERMINACIÓN DE LA PROPORCIÓN ÓPTIMA DE CARBÓN ACTIVADO PROCEDENTE DE COCO (*Cocos nucifera*) QUE MEJORE LA REMOCIÓN DE SÓLIDOS DEL AGUA RESIDUAL DE LA EMPACADORA FRESCODEGFER

4.2.1. PORCENTAJES DE REMOCIÓN DE SST, TURBIDEZ Y COLOR EN EL AFLUENTE

Cuadro 4.2. Porcentajes de remoción de los sólidos suspendidos.

TRATAMIENTO	Repeticiones	Tratamientos	Sólidos suspendidos Inicial mg/l	Sólidos suspendidos final mg/l	% de remoción final
T1	1	T1R1	90	50	44
	2	T1R2	90	40	56
	3	T1R3	90	40	56
Promedio					52%
T2	1	T2R1	90	60	33
	2	T2R2	90	50	44
	3	T2R3	90	50	44
Promedio					40%
T3	1	T3R1	90	60	33
	2	T3R2	90	65	28
	3	T3R3	90	65	28
Promedio					30%

Fuente: Autores.

En el cuadro 4.2, se detallan los porcentajes de remoción de sólidos suspendidos obtenidos en los diferentes tratamientos, en lo referente al afluente se obtuvo los siguientes datos (T1) 52%, (T2) 40% y el (T3) 30%. Sinchiguano (2018), en un análisis de la fibra de coco como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes del Centro de Faenamiento Latacunga demuestra que una vez realizado el proceso de filtración el material filtrante reduce en un 35.09% la concentración de sólidos totales de las aguas residuales, debido que la fibra de coco es sometida a un tratamiento de

extracción y secado cuidadoso para que sus características no sean alteradas antes de ser utilizada como material filtrante.

Camareno y Esquivel (2006), afirman que al tener menor cantidad de carbón activado, se tiene mayor tiempo de contacto del agua residual con el carbón, dando lugar a que se realice con rapidez la absorción de sustancias, de la misma forma manifiesta que en columnas de carbón activado con cuatro horas de tiempo de retención, se obtienen buenas remociones.

Méndez et al., (2009), en pruebas adicionales verificaron que a mayor tiempo de contacto (lixiviado - carbón activado) se tenían mayores remociones de SST, hasta alcanzar tiempos de contacto de 24 horas; en consecuencia, a tiempos mayores de 24 horas no se obtenían mejores eficiencias de remoción.

Cuadro 4.3. Porcentajes de remoción de turbidez.

TRATAMIENTO	Repeticiones	Tratamientos	Turbidez inicial FNU-NTU	Turbidez final FNU-NTU	% de remoción final
T1	1	T1R1	200	146	27
	2	T1R2	200	144	28
	3	T1R3	200	145	28
Promedio					28%
T2	1	T2R1	200	144	28
	2	T2R2	200	142	29
	3	T2R3	200	143	29
Promedio					29%
T3	1	T3R1	200	143	29
	2	T3R2	200	143	29
	3	T3R3	200	143	29
Promedio					29%

Fuente: Autores.

El cuadro 4.3, ilustra los datos de remoción con proporciones de carbón activado procedente de coco (*Cocos nucifera*). Después de aplicar los tratamientos correspondientes a 25 gr (T1), 50 gr (T2), y 100 gr (T3), se determinó que la remoción de la turbidez en los tratamientos T2 y T3 fue 29% como promedio y en el tratamiento T1 alcanzó un 28%; Garzón, Del Carmen y Looor (2018), obtuvieron una remoción de 35,26%

en el estudio sobre tratamiento de aguas residuales de empacadora de pescado con micro-alga *Chlorella vulgaris* de origen marino con la aplicación de un tratamiento primario (filtración) valor que tiene una leve semejanza a los reportados en el estudio.

Méndez, Medina, Quintal, Castillo y Sauri (2002), manifiestan que la materia suspendida y/o coloidal tiende a ser removida por filtración o sedimentación rápida o lenta cuando el tamaño de las partículas se encuentra en un rango de 5 a 10 μm y si el agua no está altamente contaminada así mismo Muñoz (2008), manifiesta que la turbiedad en el agua es causada por una gran variedad de materiales en suspensión, que varían en tamaño desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos, microorganismos, entre otros.

Cuadro 4.4. Porcentajes de remoción de color.

TRATAMIENTO	Repeticiones	Tratamientos	Color inicial Pt/Co	Color final Pt/Co	% de remoción final
T1	1	T1R1	433	389	10
	2	T1R2	433	387	11
	3	T1R3	433	385	11
Promedio					11%
T2	1	T2R1	433	382	12
	2	T2R2	433	385	11
	3	T2R3	433	384	11
Promedio					11%
T3	1	T3R1	433	380	12
	2	T3R2	433	381	12
	3	T3R3	433	382	12
Promedio					12%

Fuente: Autores.

En el cuadro 4.4, se ilustran los datos de remoción del color en el afluente con las proporciones de carbón activado procedente de coco (*Cocos nucifera*), después de aplicar los tratamientos correspondientes a 25 gr (T1), 50 gr (T2), y 100 gr (T3), se encontró una remoción del 12% en cuanto al tratamiento T3, alcanzando un 11% en los T1 y T2. Vayas (2018), en su estudio “análisis del carbón activado de origen vegetal con las costras de coco como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la Textilera “Andelas” Cia. Ltda. ubicada en el parque industrial de Ambato, provincia de

Tungurahua”, reportó una remoción menor al 26,53%, a pesar de que entre los materiales adsorbentes más empleados para la remoción del color en aguas industriales se encuentra el carbón activado procedente de residuos agroindustriales.

Barrios, Gaviria y Agudelo (2015) manifiestan que la adsorción es afectada por las condiciones del medio (pH y temperatura), características moleculares de los colorantes (grupos funcionales constitutivos) y el tiempo de contacto, lo que se relaciona con las bajas remociones en el estudio. Sin embargo, estas interacciones electrostáticas pueden ser mejoradas mediante el pre-tratamiento de los materiales adsorbentes utilizando agentes químicos modificadores, los cuales actúan a nivel de superficie causando la protonación o desprotonación de las moléculas expuestas del material adsorbente.

Cuadro 4.5. Cumplimiento del 50% de remoción de los tratamientos T1, T2 y T3.

Parámetros Físicos	Unidad	T1	T2	T3	(%) de remoción	Cumplimiento
SST	mg/l	43	-	-	52	Cumple
Turbiedad	NTU	-	143	143	29	No cumple
Color	Pt/Col	-	-	381	12	No cumple

Fuente: Autores.

En el cuadro 4.5, se detalla el cumplimiento del 50% de las variables de estudio, siendo el parámetro de sólidos suspendidos totales del tratamiento T1 el que cumple con esta condición impuesta en la hipótesis de la investigación con un 52% de remoción, es decir, que a menor cantidad de carbón activado de coco (25g) se obtienen mejores resultados, no obstante el tratamiento T3 de los parámetros turbidez y color tuvieron una considerable remoción, por lo tanto a mayor cantidad carbón activado (100g) se pueden obtener mayores porcentajes en cuanto a estas variables.

4.2.2. VARIACIÓN DEL pH EN EL AFLUENTE

En el cuadro 4.6 se presenta el comportamiento del pH, después de la aplicación de las diferentes proporciones de carbón activado de coco estipulados en la investigación.

Cuadro 4.6. Variación del pH.

Tratamiento	Repeticiones	Tratamientos	pH del afluente
T1	1	T1R1	6,87
	2	T1R2	6,88
	3	T1R3	6,87
Promedio			6,8
T2	1	T2R1	6,92
	2	T2R2	6,91
	3	T2R3	6,91
Promedio			6,91
T3	1	T3R1	6,96
	2	T3R2	7,03
	3	T3R3	6,99
Promedio			6,99

Fuente: Autores.

Al aplicar las dosis de carbón actividad procedente de fibra de coco, se denotó que el pH obtuvo el siguiente comportamiento en relación al inicial: T1 (6,8); T2 (6,91); T3 (6,99) datos que se presentan el cuadro 4.6. En concordancia a esto, Reyes (2016), en su estudio de determinación de la eficiencia del aserrín y la fibra de coco utilizados para la remoción de contaminantes encontró rangos de pH 6,2 - 6,9 valor que se relaciona con los arrojados en el estudio.

4.3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS SST, TURBIDEZ Y COLOR

4.2.3.1. ANÁLISIS DE LA VARIANZA DE SST

Cuadro 4.7. Análisis de la varianza de SST.

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamientos	600.0	2	300.0	12.00	0.0080
Error experimental	150.0	6	25.0		
Total	750.0	8			

Fuente: Autores.

En el cuadro 4.7, el análisis de la varianza demuestra que existe una diferencia estadísticamente significativa dado que el valor-P (0.0080) de la prueba-F es menor que 0.05 con un nivel del 95.0% de confianza. Es decir que las proporciones de carbón

activado actúan de diferente en la absorción de sólidos suspendidos. Por lo tanto, se determinó cuáles medias son significativamente diferentes de otras, mediante la prueba de múltiples rangos Tukey.

Cuadro 4.8. Tukey de SST en el afluente.

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T1	3	43.3333	X
T2	3	53.3333	XX
T3	3	63.3333	X

Fuente: Autores.

Cuadro 4.9. Comparación múltiple de SST.

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T1 - T2		-10.0	12.5263
T1 - T3	*	-20.0	12.5263
T2 - T3		-10.0	12.5263

Fuente: Autores.

El cuadro 4.9, denota que al aplicar la comparación múltiple se identificó 2 grupos homogéneos, se constató que existe un par de grupos T1-T3 que muestra diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza.

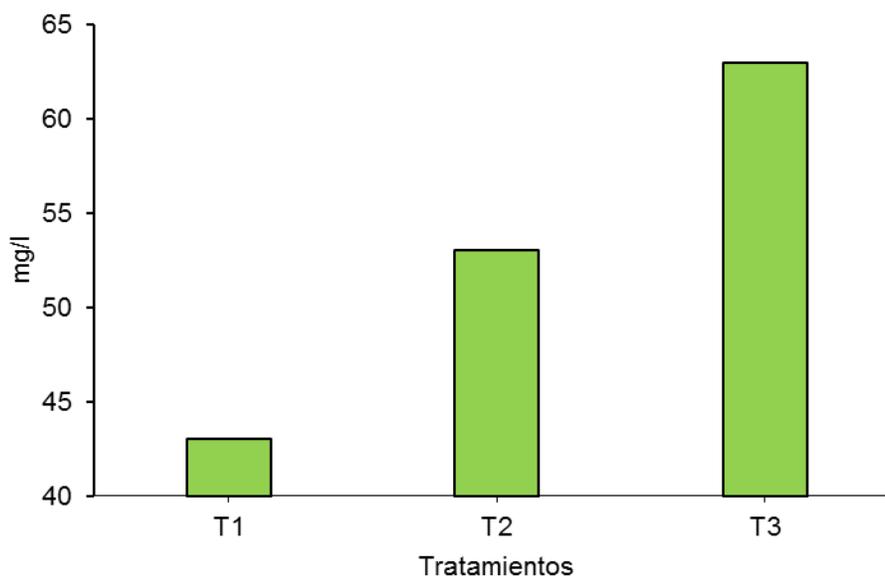


Gráfico 4.1. Medias de los tratamientos para la variable SST.

El gráfico 4.1, manifiesta que el T1 con un promedio de 43mg/l tuvo mayor eficiencia, es decir, que a menor cantidad de carbón activado de coco se obtiene mejores resultado en la remoción de SST; Camareno y Esquivel (2006), afirman que a menor cantidad de carbón activado se tiene mayor tiempo de contacto del agua residual con el mismo, dando lugar a que se establezca un equilibrio más rápido y se realice la adsorción de sustancias.

4.2.3.1. ANÁLISIS DE LA VARIANZA DE TURBIDEZ

Cuadro 4.10. Análisis de la varianza de turbidez.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamientos	8.0	2	4.0	6.00	0.0370
Error experimental	4.0	6	0.666667		
Total	12.0	8			

Fuente: Autores.

El cuadro 4.10, demuestra que existe una diferencia estadísticamente significativa dado que el valor-P (0.0370) de la prueba-F es menor que 0.05 con un nivel del 95.0% de confianza. Es decir que las proporciones de carbón activado son diferentes en las medias de turbidez. Por lo tanto, se determinó cuáles medias son significativamente diferentes de otras, mediante la prueba de múltiples rangos Tukey.

Cuadro 4.11. Tukey de turbidez en el afluente.

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T2	3	143.0	X
T3	3	143.0	X
T1	3	145.0	X

Fuente: Autores.

Cuadro 4.12. Comparación múltiple de turbidez.

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T1 - T2	*	2.0	2.04553
T1 - T3	*	2.0	2.04553
T2 - T3		0	2.04553

Fuente: Autores.

El cuadro 4.12, demuestra que al aplicar la comparación múltiple se han identificado 2 grupos homogéneos, se constató que existe 2 pares de grupos T1-T2 y T1-T3 que muestra diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza.

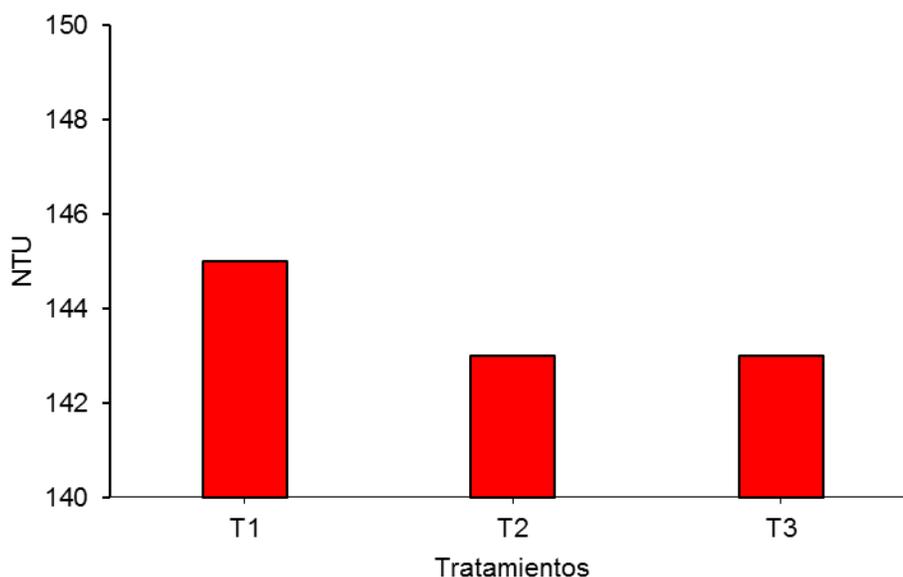


Gráfico 4.3. Medias de los tratamientos para la variable turbidez.

Según el gráfico 4.3, los tratamientos con mayor eficiencia al finalizar el experimento fueron el T2 y T3 con un valor de 143 NTU y el de menor de eficiencia el T1. Por lo cual se comprueba lo expresado por Moral (2016), quien afirma que el carbón activado de coco tiene muy alta capacidad para retener contaminantes; pero es necesario tomar en un cuenta que cantidad global de agua (turbidez y/o presencia de contaminantes) también afecta la capacidad del carbón activado para remover un contaminante en específico (Carrillo y Sánchez, 2013).

4.2.3.1. ANÁLISIS DE LA VARIANZA DEL COLOR

Cuadro 4.13. Análisis de la varianza del color.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	54.2222	2	27.1111	11.09	0.0097
Error experimental	14.6667	6	2.44444		
Total	68.8889	8			

Fuente: Autores.

El cuadro 4.13, muestra que existe una diferencia estadísticamente significativa dado que el valor-P (0.0097) de la prueba-F es menor que 0.05 con un nivel del 95.0% de confianza. Es decir que las proporciones de carbón activado son diferentes en las medias del color. Por lo tanto, se determinó cuáles medias son significativamente diferentes de otras, mediante la prueba de múltiples rangos Tukey.

Cuadro 4.14. Tukey de color en el afluente.

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T3	3	381.0	X
T2	3	383.667	X X
T1	3	387.0	X

Fuente: Autores.

Cuadro 4.15. Comparación múltiple de color.

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T1 - T2		3.33333	3.91689
T1 - T3	*	6.0	3.91689
T2 - T3		2.66667	3.91689

Fuente: Autores.

El cuadro 4.15, detalla que al emplear la comparación múltiple se han identificado 2 grupos homogéneos, se constató que existe 1 par de grupos T1-T3 que muestra diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza.

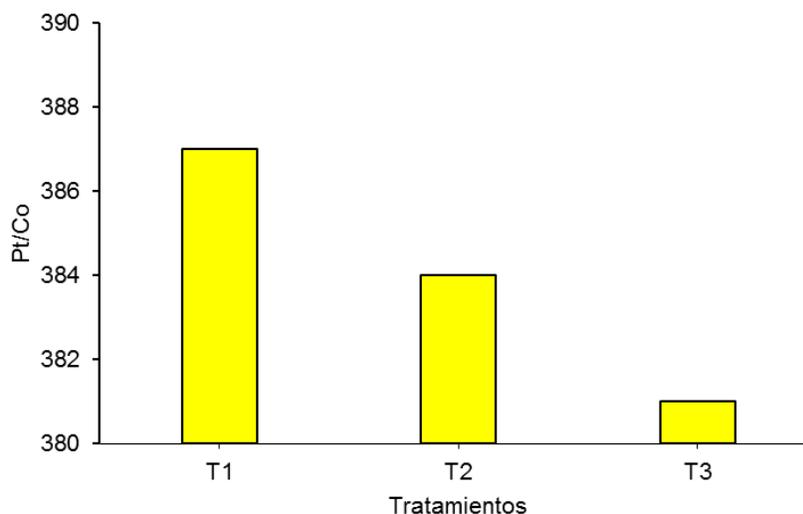


Gráfico 4.3. Medias de los tratamientos para la variable color.

El tratamiento que mayor eficiencia obtuvo al terminar el experimento fue el T3 con un promedio de 381 Pt/Co (gráfico 4.3), es decir, que el agua al pasar por el filtro de 100g de carbón activado de coco disminuyó el color, pero no al 100%, 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 encuentran en la misma (López, 2013).

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La concentración de los parámetros físicos (SST, turbidez, color y pH) del afluente de la empacadora de pescado FRESCODEGFER se debe a las actividades realizadas en el proceso de congelamiento de pescado, ya que se realizan cambios de agua y de hielo las veces que sean necesarias hasta que el producto esté limpio y no exista exceso de sangre.
- En el tratamiento T1 de la variable sólidos suspendidos totales se alcanzó una remoción del 52%, siendo altamente eficiente, es decir, que a menor proporción de carbón activado de coco se obtiene mayor remoción de SST, así mismo el tratamiento T3 correspondiente a los parámetros de turbidez y color alcanzaron altos porcentajes con respecto a los demás tratamientos, por lo tanto se puede decir que a mayor cantidad de carbón activado se tiene mejores resultados en estas variables, por esta razón se acepta la hipótesis de la investigación, debido a que existió diferencia significativa entre los tratamientos.

5.2. RECOMENDACIONES

- Una vez aplicado el tratamiento de filtración el agua puede ser utilizada para riego, según los criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola del libro VI anexo 1 del TULSMA.
- Para tratamiento de aguas residuales de empacadora de pescado es recomendable utilizar procesos de floculación-coagulación previa a un proceso de filtración, y a su vez controlar variables como temperatura, tamaño de la partícula y tiempo de filtración, para evaluar si existe una mayor remoción de sólidos suspendidos, color y turbidez.

BIBLIOGRAFÍA

- Alejandro, A y Loor, D. 2018. Tratamiento de aguas residuales de empacadora de pescado con micro-alga *Chlorella Vulgaris* origen marino mediante fotobiorreactores. (En Línea). Consultado 27 de sep. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/33181/1/401-1318%20-%20aguas%20residuales%20de%20empacadora%20de%20pescado.pdf>
- Alméciga, A y Muñoz, M. 2013. pH, historia de un concepto. (En Línea). Consultado 17 de ene. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/297/TO-16386.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Andino, J. 2012. Estudio de la prefactibilidad de la producción de leche de coco. (En Línea). Consultado 22 de nov. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://repositorio.usfq.edu.ec/jspui/bitstream/23000/1366/1/103206.pdf>
- Arana, J. 2016. Evaluación de la aplicación de carbón activado granular en la filtración del agua clarificada del río Cauca. (En Línea). Consultado 17 de ene. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/9337/1/3754-0505547.pdf>
- Barrios, F; Gaviria, F y Agudelo, A. 2015. Tecnologías para la remoción de colorantes y pigmentos presentes en aguas residuales. Una revisión. Dyna. Vol. 82. p 118-126.
- Basso, M y Cukierman, A. 2004. Conversión termoquímica de un precursor renovable en carbón activado. (En Línea). Consultado 22 de nov. 2019. Formato PDF. Disponible en http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/81542/Documento_completo.pdf?sequence=1
- Beltrán, E y Rangel, O. 2012. Modelación dinámica de los sólidos suspendidos totales en el humedal Jaboque, Bogotá (Colombia). Colombia forestal. p 191-205.
- Bravo, K y Garzón Moreno, A. 2017. Eficiencia del carbón activado procedente del residuo agroindustrial de coco (*Cocos nucifera*) para remoción de contaminantes en agua. (En Línea). Consultado 05 de nov. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/606/1/TMA124.pdf>
- Camareno, V y Esquivel, R. 2006. Aprovechamiento de algunos materiales en el desarrollo de coagulantes y floculantes para el tratamiento de aguas en Costa Rica. Tecnología en Marcha. p 37-41.

- Campoverde, K. 2019. Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para una empacadora de pescado. (En línea). Consultado, 17 de nov. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/39575/1/TESIS%20-%20KATHERINE%20CAMPOVERDE.pdf>
- Carpio, T. 2007. Turbiedad por Nefelometría (Método b). 2. (En línea). Consultado, 13 de ene. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Turbiedad+por+Nefelometr%C3%ADa.pdf/fc92342e-8bba-4098-9310-56461c6a6dbc>.
- Carrillo, V y Sánchez, M. 2013. Elaboración de un filtro a base de carbón activado obtenido del endocarpo de coco con el propósito de reducir la dureza en el agua potable (Doctoral dissertation, Universidad de El Salvador). (En línea). Consultado, 13 de ene. 2019. Formato PDF. Disponible en http://181.224.246.201/bitstream/handle/UCV/6798/manosalva_vk.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Carrión, B. 2015. Tratamiento de aguas residuales de una industria procesadora de pescado en reactores anaeróbicos discontinuos. Ciencia e Ingeniería Neogranadina. p 27-42.
- Castro, A y Contreras, A. 2018. Auditoría de residuos para la empresa empacadora de camarón Empacreci SA. (En Línea). Consultado 05 de nov. 2019. Formato PDF. Disponible en <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15346/1/UPS-GT002068.pdf>
- Cevallos, J. 2019. La responsabilidad social corporativa de la industria atunera y su influencia en el desarrollo socioeconómico sostenible de la Ciudad Manta-Ecuador. (En línea). Consultado, 17 de nov. 2019. Formato PDF. Disponible en http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/10498/Cevallos_mj.pdf?sequence=1
- Chuchón, S y 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 Totorá", Ayacucho, Perú. Lima, PE. Redalyc. Vol. 7. p 165 - 171.
- Coronel, P. 2015. Diseño e implementación a escala de un biofiltro Tohá en la ESPOCH para la depuración de aguas residuales domésticas procedentes de la comunidad Langos La Nube (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). (En línea). Consultado, 13 de ene. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4802/1/236T0150.pdf>

- Cruz, G; Guzmán, V; Rimaycuna, J; Alfaro, R; Cruz, J; Aguirre, D y Ubillus, E. 2016. Tratamiento complementario de agua potable utilizando un filtro de carbón activado impregnado con quitosano producidos a partir de biomasa residual. (En Línea). Consultado 05 de nov. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/view/36/37>
- Cueva, L; Hebert, F y Zegarra, T. 2016. Influencia del potencial de hidrogeno (pH) y la granulometría sobre la ratio de concentración y el porcentaje de recuperación de oro (Au), plata (Ag) y cobre (Cu) en la flotación de un mineral tipo sulfuro con alto contenido de plata. (En línea). Consultado, 13 de ene. 2019. Formato PDF. Disponible en http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/28552/Sarabia_CJJE.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Del Pezo, R. 2013. Diseño de un plan piloto para el análisis de peligros y puntos críticos de control para la empresa empacadora de pescado congelado Corintocorp SA ubicado en la parroquia de Santa Rosa, provincia de Santa Elena. (En línea). Consultado, 11 de ago. 2019. Formato PDF. Disponible en <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/1454/1/JONATHAN%20DEL%20PEZO%20RODRIGUEZ.pdf>
- De Yuso, A. 2012. Desarrollo de carbones activados a partir de residuos lignocelulósicos para la adsorción y recuperación de tolueno y n-hexano. (En línea). Consultado 22 de nov. 2019. Formato PDF. Disponible <https://core.ac.uk/download/pdf/36111540.pdf>
- Escobar, G y Shuberth, D. 2014. Reingeniería en el sistema de tratamiento de aguas residuales de la empacadora de camarón Oceaninvest (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial.). (En línea). Consultado, 13 de ene. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/5079/1/3275.pdf>
- Espejel, I y Ramírez, O. 2001. Las aguas residuales municipales como fuentes terrestres de contaminación de la zona marino-costera en la región de América Latina y El Caribe. (En línea). Consultado, 13 de ene. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/005619/contamina.pdf>
- Forero, J; Ortiz, O y Ríos, F. 2005. Aplicación de procesos de oxidación avanzada como tratamiento de fenol en aguas residuales industriales de refinería. (En línea). Consultado, 13 de ene. 2019. Formato PDF. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5513926>

- García, E y López, P. 2005. Aguas residuales y composición. (En Línea). Consultado 05 de nov. 2019. Formato PDF. Disponible en http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Agua_s_Residuales_composicion.pdf
- Garzón, A; Del Carmen, A y Loo, D. 2018. Tratamiento de aguas residuales de empacadora de pescado con micro-alga *Chlorella vulgaris* origen marino mediante fotobiorreactores. (En línea). Consultado, 02 de ago. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/33181/1/401-1318%20-%20aguas%20residuales%20de%20empacadora%20de%20pescado.pdf>
- González, C. 2011. La turbidez. (En Línea). Consultado 21 de ene. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-859/maguaturbidez.pdf>
- Lizano, M. 2005. Guía técnica del cultivo de coco. IICA, San Salvador (El Salvador) Ministerio de Agricultura y Ganadería, San Salvador (El Salvador). Consultado 22 de nov. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://repiica.iica.int/docs/B0221e/B0221e.pdf>
- Llerena, S. 2016. Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales con el Proceso de Lodos Activados. Consultado, 16 de ago. 2019. Formato PDF. Disponible en https://fridakarem.files.wordpress.com/2015/07/plantas_tratam_tomo1.pdf
- López, L. 2013. Estudio y evaluación de impacto ambiental en Ingeniería Civil. Editorial Club Universitario. p 112.
- Luna, D; González, A; Gordon, M y Martín, N. 2007. Obtención de carbón activado a partir de la cáscara de coco. (En línea). Consultado, 13 de ene. 2019. Formato PDF. Disponible en https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/43440315/carbon_v2.pdf
- Madera, C; Silva, S y Peña, M. 2005. Sistemas combinados para el tratamiento de aguas residuales basados en tanque séptico-filtro anaerobio y humedales subsuperficiales. Ingeniería y Competitividad. Vol. 7. P 5-10.
- Mansilla, G. 2014. Potencial de hidrogeniones-pH. (En línea). Consultado, 12 de feb. 2019. Formato PDF. Disponible en http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/raci/v40/v40_a01.pdf

- Mañay, P y Vicente, J. 2013. Mejoramiento del carbón activado contaminado en el tratamiento de agua potable. (En línea). Consultado, 09 de jun. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2286/1/T-UCE-0017-60.pdf>
- Marín, L; Chinga, P; Velásquez, F; González, C y Zambrano, R. 2015. Wastewater treatment of a fish processing industry in batch anaerobic reactors. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*. Vol. 25. p 27-42.
- Méndez, I; Castillo, R; Sauri, R; Quintal, A; Giácoman, G y Jiménez, B. 2009. Comparación de cuatro tratamientos fisicoquímicos de lixiviados. *Revista internacional de contaminación ambiental*. Vol. 25. p 133-145.
- Méndez, I; Medina, E; Quintal, C; Castillo, R y Sauri, R. 2002. Tratamiento de lixiviados con carbón activado. (En línea). Consultado, 30 de sep. 2019. Formato PDF. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=467/46760302>
- Mendieta, J. 2012. Tratabilidad de las aguas residuales industriales de una empacadora de camarón en la degradación de la materia orgánica mediante la adaptación y aplicación de lombrices acuáticas. . (En Línea). Consultado 21 de ene. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/1630/1/PRELIMINARES%201.pdf>
- Miranda, M y Chang, J. 2009. Proyecto Investigación 2007-Turbiedad. (En Línea). Consultado 21 de ene. 2019. Formato PDF. Disponible en <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6164/11/turbiedad.pdf>
- Moncayo, A y Zambrano, P. 2018. Evaluación de la influencia de las actividades antropogénicas en la calidad de agua del Río Portoviejo (cadmio y plomo, zona metropolitana). (En Línea). Consultado 05 de nov. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/840/1/TTMA13.pdf>
- Moral, S. 2016. TecnoAqua- Filtración. (En línea). Consultado, 16 nov. 2019. Formato HTTP. Disponible en <http://moraltorralbo.com>
- Muñoz Cruz, A. 2008. Caracterización y tratamiento de aguas residuales. (En Línea). Consultado 21 de ago. 2019. Disponible en <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/514/?sequence=1>
- Navarrete, D; Quijano, N y Vélez, C. 2014. Elaboración de carbón activado a partir de materiales no convencionales, para ser usado como medio filtrante. (En Línea). Consultado 05 de nov. 2019. Formato PDF. Disponible en <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/29845/1/D-70080.pdf>

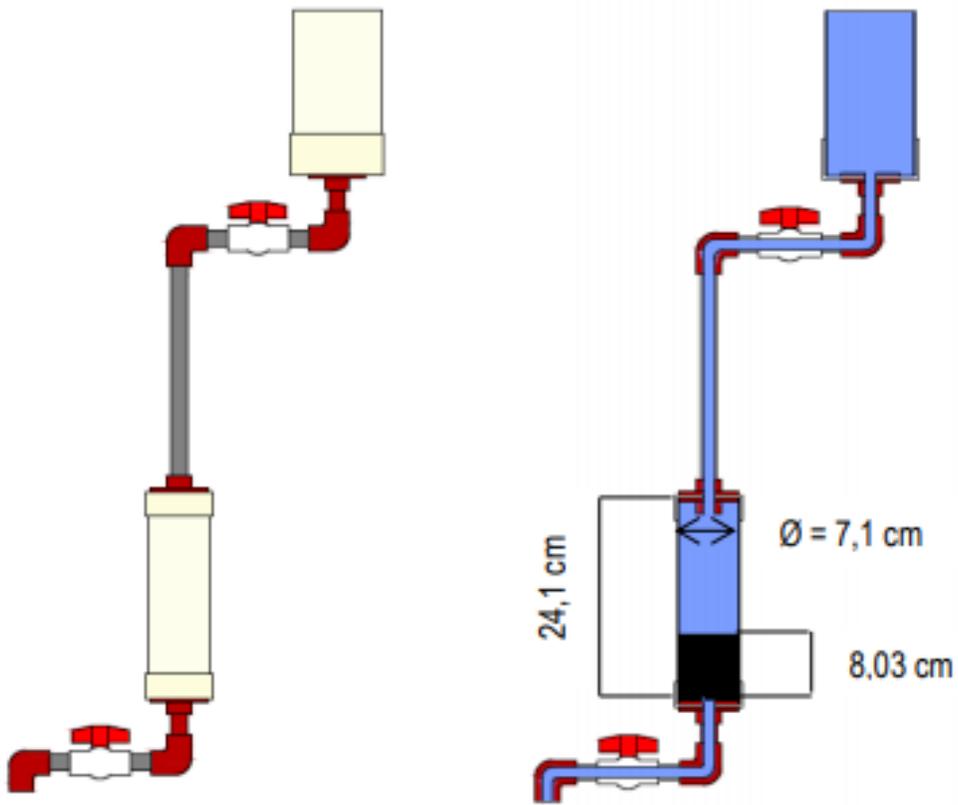
- Noboa, E. 2008. Diseño de un filtro de carbón activado para la remoción de cloro libre residual del agua potable para uso en la industria farmacéutica. (En Línea). Consultado 05 de nov. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/3539>
- Orjuela, L. 2013. Hoja metodológica del indicador Promedio del total de sólidos en suspensión por estación (Versión 1,00). Sistema de Indicadores Ambientales de Colombia. Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM.
- Orozco, A. 2013. Estudio de la pre-factibilidad para la creación de una planta de carbón activado a base de cascara de coco en Tumaco y sus alrededores. (En línea). Consultado 22 de nov. 2019. Formato PDF. Disponible <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/66261/OROZCO%202013.pdf?sequence=1>
- Pazmiño, J. 2007. Estudio de la adsorción de oro en carbón activado a diferentes condiciones, y modelado de la cinética de adsorción en función del tamaño de partícula. (En línea). Consultado 22 de nov. 2019. Formato PDF. Disponible en [http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/747/2/86340%20\(Tesis\).pdf](http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/747/2/86340%20(Tesis).pdf)
- Ramírez, D. 2017. Método de Estimación de Sólidos Suspendidos Totales como Indicador de la Calidad del Agua Mediante Imágenes Satelitales. (En línea). Consultado, 13 de ene. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://bdigital.unal.edu.co/57367/1/2949594699.2017.pdf>
- Reinoso, R y Sabio, M. 2002. El carbón activado en procesos de descontaminación. Departamento de Química Inorgánica. Universidad de Alicante. España. (En línea). Consultado, 13 de ene. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://www.elaguapotable.com/EI%20carbon%20activo%20en%20procesos%20de%20descontaminacion.pdf>
- Reyes, V. 2016. Determinación de la eficiencia del aserrín y la fibra de coco utilizados como empaques para la remoción de contaminantes en Biofiltros para el tratamiento de aguas residuales. Consultado, 13 de sep. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v7n3/1390-6542-enfoqueute-7-03-00041.pdf>
- Serrano, R. 2009. Automatización y adquisición de datos de un sistema de filtración por medio del carbón activado en las plantas de endulzamiento de gas del CPF de Cusiana. (En Línea). Consultado 05 de nov. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://biblioteca.usbbog.edu.co:8080/Biblioteca/BDigital/65878.pdf>

- Sinchiguano, A. 2018. Análisis de la fibra de coco como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes del Centro de Faenamiento Latacunga (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. (En Línea). Consultado 27 de sep. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/27238>
- Solís, J; Morales, M; Ayala, R y Del Carmen, M. 2012. Obtención de carbón activado a partir de residuos agroindustriales y su evaluación en la remoción de color del jugo de caña. *Tecnología, Ciencia, Educación*. Vol. 27. p 36-48.
- Toriz, R; Daniel, E; Córdova, C; De Jesús, F y Suárez, M. 2006. Remoción de metales pesados con carbón activado como soporte de biomasa. (En línea). Consultado 22 de nov. 2019. Formato PDF. Disponible http://eprints.uanl.mx/10323/1/31_remocion.pdf
- Trujillo, A y Cajigas, M. 2018. Validación de un método para el análisis de color real en agua. *Revista de la Facultad de Ciencias*. Vol. 7. P 143-155.
- Trujillo, D; Duque, L; Arcila, J; Rincón, A; Pacheco, S y Herrera, O. 2014. Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación/floculación usando almidón de plátano. *Revista Ion*. Vol. 27. p 17-34.
- Váscones, J. 2012. Tratabilidad de las aguas residuales industriales de una empacadora de camarón en la degradación de la materia orgánica mediante la adaptación y aplicación de lombrices acuáticas. (En línea). Consultado, 6 de nov. 2018. Formato PDF. Disponible en <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/1630>
- Vayas, M. 2018. Análisis del carbón activado de origen vegetal con las costras de coco como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la Textilera "Andelas" Cia Ltda., ubicada en el Parque Industrial de Ambato, provincia de Tungurahua. (En línea). Consultado, 13 de ago. 2019. Formato PDF. <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/27014>

ANEXOS

ANEXO 1. Caracterización del agua.**Anexo 1- A Lavado de los filtros.****Anexo 1 – B Muestra de las Réplicas.****Anexo 1 – C Determinación de sólidos.****Anexo 1 – D Filtración del agua residual.**

Anexo 2. Filtración de la muestra.**Anexo 2 – A** Filtros con las muestras.**Anexo 2 – B** Filtración de la muestra**Anexo 2 – C** Resultado de la filtración.**Anexo 2 – D** Resultado de la muestra.

Anexo3. Diseño del filtro (Escala 1:10).

Anexo 4. Análisis de laboratorio.

Anexo 4-A. Resultados del agua residual de la empacadora de pescado FRESCODEGFER.

	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA AGROPECUARIA DE MANABI "MFL"	No.
		CODIGO: F-G-SGC-007
		REVISION: 0
		FECHA: 06/04/2005
		CLAUSULA: 4.6
INFORME DE RESULTADOS		PAGINA 1 DE 1
NOMBRE:	ADRIAN PINCAY CAMPOS Y MAURICIO MENDOZA MOREIRA	
SOLICITADO POR:	ADRIAN PINCAY CAMPOS Y MAURICIO MENDOZA MOREIRA	
MUESTRA:	AGUA RESIDUAL DE LA EMPRESA FRESCODEGFER	
ENSAYOS REALIZADOS:	Solidos Suspendidos Totales, Turbidez, color y pH	
TRABAJO DE TITULACIÓN	"EFICIENCIA DE CARBÓN ACTIVADO PROCEDENTE DE COCO (COCOS NUCIFERA) EN REMOCIÓN DE SÓLIDOS EN AGUAS RESIDUALES DE LA EMPACADORA DE PESCADO FRESCODEGFER	
FECHA Y HORA DE RECEPCION DE LA MUESTRAS:	ABRIL 2019	
FECHA DE REALIZACION DE LOS ENSAYOS:	ABRIL 2019	
LABORATORIO RESPONSABLE:	LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL y SUELOS	
COLABORADOR EN REALIZACIÓN DE LOS ANALISIS:	ING. FABIAN PEÑARRIETA MACIAS	

ITEM	PARÁMETROS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS								
				T1R1	T1R2	T1R3	T2R1	T2R2	T2R3	T3R1	T3R1	T3R3
1	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	GRAVIMETRÍA	mg/l	50	40	40	60	50	50	60	65	65
2	TURBIDEZ	ESPECTROFOTOMETRÍA	NTU	146	144	145	144	142	143	143	143	143
3	COLOR	ESPECTROFOTOMETRÍA	Pt/Co	389	387	385	382	385	384	380	381	382
4	pH	POTENCIOMETRIA	-	6,54	6,55	6,67	6,45	6,52	6,53	6,56	6,55	6,66
OBSERVACIONES:												

FIRMA DEL COORDINADOR
 ING. LUISA ANA ZAMBRANO Mg

Fecha:

Abril - 2019

FIRMA DEL TÉCNICO
 ING. FABIAN PEÑARRIETA.Mg

Fecha:

Abril - 2019

NOTA: Los resultados reportados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) recibida(s) por Laboratorios ESPAM. Este informe de resultados no debe ser reproducido parcial o totalmente sin autorización expresa del laboratorio.

Manabí – Bolívar - Calceta: Campus Politécnico, Km. 2.7 Vía El Morro
 Teléfono (593) 05 686103 Telefax (593) 05 685156 - 685134 Email: espam@mnb.satnet.net
 Visite nuestra página web www.espam.edu.ec

Anexo 5. Certificación de análisis de laboratorio.**ESPAMMFL**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ**LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL Y SUELOS****CERTIFICACIÓN**

Por medio de la presente certifico que **PINLAY CAMPOS JOSE ADRIAN** con CI **1314597384** y **MENDOZA MOREIRA MAURICIO ALEXANDER** con CI **1310122963** egresados de la carrera de Ing. Ambiental de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "MFL", realizaron análisis físicos (Sólidos Suspendidos Total, pH, Turbidez y Color.) para llevar a cabo el proyecto de titulación **"EFICIENCIA DE CARBÓN ACTIVADO PROCEDENTE DE COCO *COCOS NUCIFERA* EN REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTAL, PH, TURBIDEZ Y COLOR.) EN AGUAS RESIDUALES DE LA EMPACADORA DE PESCADO "**

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 PENARRIETA MACIAS**TÉCNICO**

Anexo 6. Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola del libro VI anexo 1 del TULSMA.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico (total)	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro (total)	B	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Carbamatos totales	Concentración total de carbamatos	mg/l	0,1
Cianuro (total)	CN ⁻	mg/l	0,2
Cobalto	Co	mg/l	0,05
Cobre	Cu	mg/l	2,0
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,1
Fluor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante visible			Ausencia
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Organofosforados (totales)	Concentración de organofosforados totales.	mg/l	0,1
Organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,2
Sólidos disueltos totales		mg/l	3 000,0
Transparencia de las aguas medidas con el disco secchi.			mínimo 2,0 m
Vanadio	V	mg/l	0,1
Aceites y grasa	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Coniformes Totales	nmp/100 ml		1 000
Huevos de parásitos		Huevos por litro	cero
Zinc	Zn	mg/l	2,0