



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA 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:

**EVALUACIÓN DE QUITOSANO Y POLIELECTROLITO DE
MORINGA EN REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS EN
AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO DE FAENAMIENTO,
CANTÓN BOLÍVAR**

AUTOR:

JOSÉ ANTONIO GONZÁLEZ GONZÁLEZ

TUTOR:

ING. FABRICIO ALCÍVAR INTRIAGO, M.Sc.

CALCETA, DICIEMBRE 2019

DERECHOS DE AUTORÍA

JOSÉ ANTONIO GONZÁLEZ GONZÁLEZ, 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.

JOSÉ A. GONZÁLEZ GONZÁLEZ

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Fabricio Alcívar Intriago, M.Sc., certifica haber tutelado el proyecto, **EVALUACIÓN DE QUITOSANO Y POLIELECTROLITO DE MORINGA EN REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS EN AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO DE FAENAMIENTO, CANTÓN BOLÍVAR** que ha sido desarrollada por **José Antonio González González**, 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. FABRICIO ALCÍVAR INTRIAGO, M.Sc.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos APROBADO el trabajo de titulación **EVALUACIÓN DE QUITOSANO Y POLIELECTROLITO DE MORINGA EN REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS EN AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO DE FAENAMIENTO, CANTÓN BOLÍVAR**, que ha sido propuesto, desarrollado y sustentado por **José Antonio González González**, 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

Ing. Jonathan Chicaiza Intriago Mg.

MIEMBRO

Blga. María Fernanda Pincay Cantos, M.Sc.

PRESIDENTA

AGRADECIMIENTO

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; a mí mismo siempre por los obstáculos que se me presentaron y las dificultades que tuve durante la carrera, a pesar de eso seguí para ser un buen profesional.

A mi abuela por estar siempre conmigo apoyándome en todo momento, a mi familia en general y amigos que estuvieron durante toda la carrera y a Ceci por ayudarme en todo lo que he necesitado.

JOSÉ A. GONZÁLEZ GONZÁLEZ

DEDICATORIA

A toda mi familia que siempre me apoyaron en esta etapa de formación profesional y sin dudarlo a mi persona mil veces por no decaer y tener la paciencia y ganas de ser un buen profesional

JOSÉ A. GONZÁLEZ GONZÁLEZ

CONTENIDO GENERAL

Derechos de autoría.....	ii
Certificación del tutor.....	iii
Aprobación del tribunal.....	iv
Agradecimiento	v
Dedicatoria	vi
Contenido general	vii
Contenido de cuadros	x
Contenido de figuras	x
Contenido de gráficos	x
Resumen.....	xi
Abstract.....	xii
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. Objetivos específicos.....	3
1.4. Hipótesis	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Aguas residuales.....	5
2.1.1. Aguas residuales de un Centro de Faenamiento	5
2.2. Calidad del agua	6
2.3. Parámetros físicos del agua.....	6
2.3.1. Turbidez del agua	6
2.3.2. Color del agua	7
2.3.3. Sólidos suspendidos.....	8
2.3.3.1. Método gravimétrico	9
2.3.4. Temperatura.....	9
2.3.5. Potencial hidrógeno	10
2.4. Sedimentación del agua	10
2.4.1. Sedimentación de partículas floculentas.....	11
2.5. Coagulación-floculación	11

2.5.1.	Factores que influyen en el proceso de coagulación	12
2.5.1.1.	Influencia del potencial de hidrógeno (pH)	12
2.5.2.	Influencia de la coagulación.....	12
2.6.	Polímeros naturales	13
2.6.1.	Quitosano del camarón.....	13
2.6.1.1.	Quitosano y su uso en el tratamiento de aguas	14
2.6.2.	Semillas de moringa (<i>M. oleífera</i>)	14
2.6.2.1.	Poliectrolito de moringa (<i>M. oleífera</i>) como coagulante.....	15
2.7.	Centro de Faenamiento.....	16
2.8.	Prueba de jarras.....	16
2.9.	Eficiencia de la remoción.....	17
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO.....		18
3.1.	Ubicación	18
3.2.	Duración del trabajo	18
3.3.	Tipo de investigación.....	18
3.3.1.	Investigación experimental	18
3.4.	Métodos	19
3.4.1.	Método inductivo	19
3.4.2.	Método estadístico	19
3.4.3.	Revisión bibliográfica.....	19
3.5.	Técnica	20
3.5.1.	Prueba de jarras	20
3.6.	Factores en estudio.....	20
3.7.	Variables a medir	20
3.7.1.	Variable independiente	20
3.7.2.	Variable dependiente.....	20
3.8.	Diseño experimental.....	20
3.9.	Unidad experimental	21
3.10.	Análisis estadístico	22
3.11.	Manejo del experimento	22
3.11.1.	FASE 1. Caracterizar los parámetros físicos del agua residual del Centro de Faenamiento del cantón Bolívar	22
3.11.1.1.	Actividad 1. Recolección del agua residual del Centro de Faenamiento del cantón Bolívar	22
3.11.1.2.	Actividad 2. Determinación de los parámetros físicos del agua residual	23

3.11.2. FASE 2. Determinar el tratamiento que mejore la remoción de sólidos suspendidos en aguas residuales del Centro de Faenamiento del cantón Bolívar.....	24
3.11.2.1. Obtención del quitosano:	24
3.11.2.2. Actividad 4. Obtención de la harina y del polielectrolito de la semilla de moringa (<i>Moringa oleífera</i>)	25
3.11.2.3. Actividad 5. Aplicación del método de prueba de jarra con las diferentes concentraciones	26
3.11.2.4. Actividad 6. Aplicación de análisis estadísticos.....	27
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
4.1. Caracterización de los parámetros físicos del agua residual del Centro de Faenamiento del cantón Bolívar.....	28
4.2. Caracterización de los parámetros físicos del agua residual después de la aplicación de las dosis de biopolímeros	29
4.3. Determinación del tratamiento que mejore la remoción de sólidos suspendidos en aguas residuales del Centro de Faenamiento del cantón Bolívar.....	31
4.3.1. Sólidos suspendidos.....	31
4.3.2. Color.....	33
4.3.3. Turbidez	35
4.3.4. pH.....	37
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	40
5.1. Conclusiones.....	40
5.2. Recomendaciones.....	40
BIBLIOGRAFÍA	41
ANEXOS	49

CONTENIDO DE CUADROS

Cuadro 2. 1. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.....	10
Cuadro 2. 2. Clasificación científica de la moringa.	15
Cuadro 3. 1. Diseño experimental DCA.....	21
Cuadro 3. 2. Descripción de las unidades experimentales.	21
Cuadro 3. 3. Análisis de la varianza.	22
Cuadro 3. 4. Metodología de análisis.	23
Cuadro 4. 1. Caracterización del agua residual.....	28
Cuadro 4. 2. Porcentaje de remoción de Sólidos Suspendidos	32
Cuadro 4. 3. Análisis de la varianza de los SST.....	32
Cuadro 4. 4. Porcentajes de remoción del color por tratamientos.	34
Cuadro 4. 5. Análisis de la varianza de color.	34
Cuadro 4. 6. Porcentajes de remoción de la turbidez por tratamientos.	36
Cuadro 4. 7. Análisis de la varianza Turbidez.	36
Cuadro 4. 8. Caracterización del pH del agua.....	38
Cuadro 4. 9. Análisis de la varianza del pH.....	38

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 2. 1. Diagrama de flujo del proceso de la obtención de la moringa.....	29
Figura 2. 2. Diagrama de flujo del proceso de la obtención del quitosano.....	30

CONTENIDO DE GRÁFICOS

Gráfico 4. 1. Media de los tratamientos de los sólidos suspendidos.....	33
Gráfico 4. 2. Medias de tratamiento en la variable color.....	35
Gráfico 4. 3. Medias de tratamientos de Turbidez.	37
Gráfico 4. 4. Medias de los tratamientos de pH.....	39

RESUMEN

Mediante la presente investigación se evaluó la eficiencia del polielectrolito de la semilla de moringa (*Moringa oleífera*) y quitosano de camarón (*Litopenaeus vannamei*) como sustancia coagulante-floculante en tratamiento de aguas residuales del centro de faenamiento del cantón Bolívar. Para ello se utilizó la prueba de jarras añadiendo dosis predeterminadas de los polímeros mencionados, el polielectrolito de moringa se obtuvo mediante trituración de la semilla y su posterior tamizado mediante un proceso de extracción con solución salina; y el quitosano se obtuvo mediante los procesos de desmineralización, desproteínización y desacetilación respectivamente. Se aplicó un diseño completamente al azar en arreglo unifactorial donde se planteó cuatro tratamientos con cuatro réplicas, se analizaron las siguientes variables: color, sólidos suspendidos y turbidez antes y después de la aplicación de los polímeros con el fin de calcular el porcentaje de remoción obtenido de cada parámetro. El agua residual inicial presentó valores de 526 Pt/Co con respecto al color, mientras que los sólidos suspendidos y turbidez arrojaron valores de 330 mg/l y 17 NTU respectivamente. Los resultados obtenidos mostraron que el T₂ (4g quitosano y 4 ml polielectrolito de moringa) obtuvo mejores resultados tanto en remoción del color como en remoción de sólidos suspendidos y turbidez con porcentajes de 43%, 83% y 23% respectivamente, por lo que en este tipo de aguas se puede realizar actividades con fines de uso agrícola; la hipótesis queda rechazada dado que ninguna de las variables excepto color presentó una diferencia significativa en cada uno de sus tratamientos.

PALABRAS CLAVE

Moringa oleífera, quitosano, coagulante natural, remoción

ABSTRACT

Through this research, the efficiency of the polyelectrolyte of the moringa (*Moringa oleífera*) and shrimp chitosan (*Litopenaeus vannamei*) seed as a coagulant-flocculant substance in wastewater treatment of Bolívar canton slaughterhouse was evaluated. For this, the jar test was used by adding predetermined doses of the mentioned polymers, the moringa polyelectrolyte was obtained by crushing the seed and its subsequent sieving by an extraction process with saline solution; and chitosan was obtained by demineralization, deproteinization and deacetylation processes respectively. A completely randomized design was applied in a unifactorial arrangement where four treatments with four replications were proposed, the following variables were analyzed: color, suspended solids and turbidity before and after the application of the polymers in order to calculate the percentage of removal obtained of each parameter. The initial wastewater showed values of 526 Pt / Co with respect to color, while suspended solids and turbidity yielded values of 330 mg / l and 17 NTU respectively. The results obtained showed that T2 (4g chitosan and 4 ml moringa polyelectrolyte) obtained better results both in color removal and in removal of suspended solids and turbidity with percentages of 43%, 83% and 23% respectively, so in this type of water can be carried out activities for agricultural purposes; the hypothesis is rejected since none of the variables except color presented a significant difference in each of its treatments.

KEY WORDS

Moringa oleífera, removal, chitosan, natural coagulant

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Rodríguez (2017) asevera que el crecimiento acelerado de los centros de faenamiento es cada vez más notable y se da en todas partes del mundo, el agua utilizada en el proceso productivo pasa a ser agua residual industrial, la misma es dirigida a cauces hídricos como ríos, arroyos, quebradas que finalmente terminan en el océano, o en lagunas dependiendo de la cuenca hidrográfica, convirtiéndose en agua residual contaminante del recurso hídrico que afectan la flora y fauna que en él habitan.

En la provincia de Manabí en la mayoría de los casos no se dispone de mercados donde se pueda adquirir alimentos de forma segura, con sistemas de faenamiento adecuados, generalmente estas actividades se realizan al aire libre y con deficiente inspección sanitaria, siendo un foco de infección para el ser humano. Los centros de sacrificio y faenado de animales destinados para el abasto público son altamente contaminantes porque en su mayoría no cumplen con medidas técnico sanitarias y generan gran cantidad de desechos como: sangre, contenido ruminal, estiércol y agua, los mismos que no son tratados de manera óptima antes de ser descargados al medio ambiente (Lara, 2011, p.1).

Por otra parte, Valle (2017) señala que, recientemente se ha incrementado una conciencia ambiental por el descubrimiento de alternativas de coagulación natural, con lo cual se ha considerado a las semillas del árbol de moringa (*Moringa oleífera*) y el exoesqueleto de camarón para la preparación del quitosano, para la elaboración y uso de biopolímeros frente a la clarificación del agua genera un criterio técnico en cuanto a procesos de extracción, dosificación y eficiencia de remoción de turbidez, (p.3) no obstante Ledo, Lima, Paulo y Duarte (2009) señalan que es “un coagulante inorgánico efectivo en clarificación de agua residual durante procesos industriales y de potabilización, sin embargo repercuten negativamente en la salud humana” (p,5).

En el Centro de Faenamiento del cantón Bolívar la principal fuente de contaminación se origina por las heces, orina, sangre, pelusa, lavazas y residuos de la carne y grasas de los animales procedentes de los procesos y cuya descarga no tiene su debido tratamiento, provocando malos olores, destrucción del ecosistema e insalubridad en la población.

Ante el problema ya expuesto surge la siguiente interrogante:

¿La aplicación de quitosano y polielectrolito de moringa será eficiente en la remoción de sólidos suspendidos en el agua residual del centro de faenamiento del cantón Bolívar?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Según Demera y Pacheco (2015) el agua superficial y residual se considera una materia prima y un recurso aprovechable, que requiere de tratamiento en todas sus etapas, el uso de polímeros naturales elimina la turbidez del agua especialmente a las zonas rurales que no cuentan con un sistema de tratamiento de agua potable, dichas poblaciones se ven en la necesidad de abastecerse directamente del agua de los ríos, los cuales presentan elevadas concentraciones de sólidos suspendidos y con ello la presencia de patógenos y materiales tóxicos bioacumulables (p.3).

En el centro de faenamiento del cantón Bolívar los residuos líquidos no reciben ningún tratamiento, por lo que en la actualidad es un foco infeccioso y de poca aceptación por los habitantes de la localidad. La investigación, busca una alternativa para la remoción de sólidos suspendidos totales (SST) en aguas residuales del centro de faenamiento del cantón Bolívar mediante el uso de polímeros naturales que contribuyan a promover el desarrollo de diferentes prácticas económicas y ambientalmente viables para la descontaminación del agua, es por ello que el uso de sustancias floculantes-coagulantes de origen natural con potencial en la remoción de turbidez, será de gran impacto para el tratamiento del agua.

Mera, Gutiérrez, Montes y Paz (2016) señalan que el polvo de semilla de moringa (*M. oleífera*) como opción de manejo de aguas residuales del sector agropecuario y agroindustrial es “una herramienta que permite que el proceso de potabilización de agua se dé sin generar daños al medio ambiente y a los seres que de ella se benefician” (p.37), por otra parte, Fuentes, Contreras, Perozo y Villegas (2015) mencionan que “otro polímero natural utilizado como coagulante es el quitosano que se obtiene por la desacetilación del exoesqueleto del camarón (*Litopenaeus vannamei*) ya que ha sido efectivo en la remoción de turbidez de suspensiones de partículas coloidales” (p.283).

La investigación está enmarcada en la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua que en el artículo 411 dispone que el Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico y que regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, especialmente en las fuentes y zonas de recarga, por eso el proyecto abarca un aporte para el cumplimiento y fortalecimiento de esta Ley.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la dosis de quitosano de camarón (*Litopenaeus vannamei*) y polielectrolito de moringa (*M. oleífera*) que favorezca la remoción de sólidos suspendidos en aguas residuales del Centro de Faenamiento del cantón Bolívar.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar los parámetros físicos del agua residual del Centro de Faenamiento del cantón Bolívar.
- Determinar el tratamiento que mejore la remoción de sólidos suspendidos en aguas residuales del Centro de Faenamiento del cantón Bolívar.

1.4. HIPÓTESIS

Al menos uno de los tratamientos muestra un 40% de eficiencia en la remoción de sólidos suspendidos por la aplicación de quitosano de camarón (*Litopenaeus vannamei*) y polielectrolito de la moringa (*M. oleífera*) en aguas residuales del Centro de Faenamiento del cantón Bolívar.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. AGUAS RESIDUALES

Con respecto a aguas residuales el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA] (2017) define que “son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado” (p.3).

Por otra parte, Mejía (2018) señala que las aguas residuales se clasifican en:

- **Aguas residuales domésticas.** - este tipo de aguas de origen residencial y comercial son las que contienen desechos fisiológicos, entre otros, provenientes de la actividad humana, y deben ser tratadas adecuadamente.
- **Aguas residuales industriales.** - estas son las que proceden del desarrollo de un proceso productivo, su composición es muy variable debido a las diferentes actividades que se realizan como la minería, el sector agrícola y agroindustrial, entre otros.
- **Aguas residuales municipales.** - Son aquellas aguas residuales domésticas que pueden estar mezcladas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial previamente tratadas, para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado (p.1).

2.1.1. AGUAS RESIDUALES DE UN CENTRO DE FAENAMIENTO

De acuerdo con Vera y Zambrano (2019) las aguas residuales de un centro de faenamiento poseen una elevada concentración de materia orgánica, tanto disuelta como en suspensión ya que está constituida por proteínas, ácidos orgánicos volátiles y otros compuestos orgánicos. Este tipo de aguas también presentan una concentración significativa de grasas, que pueden interferir en su tratamiento biológico. Las características de las aguas residuales de un centro de faenamiento dependen de los siguientes factores:

- Tipo de animal sacrificado
- Grado de procesamiento
- Equipamiento de retención y líquidos
- Protocolo de limpieza y uso de agua

2.2. CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua, desde un punto de vista funcional, se define como la capacidad intrínseca que tiene el agua para responder a los usos que se podrían obtener de ella. O desde un punto de vista ambiental, como aquellas condiciones que deben darse en el agua para que ésta mantenga un ecosistema equilibrado y para que cumpla unos determinados objetivos de calidad (calidad ecológica). O como el conjunto de características físicas, químicas y microbiológicas que la definen, etc. (Matas, 2000, p.196).

Según De Vargas (2004), la calidad del agua depende de la cantidad de parámetros físico-químicos y microbiológicos, mismos que varían su composición de acuerdo al origen, tanto así es que ciertos países están utilizando cada vez más las aguas residuales para regar sembríos, representando el 7% de la producción agrícola y generando un ahorro visible (p.4).

2.3. PARÁMETROS FÍSICOS DEL AGUA

2.3.1. TURBIDEZ DEL AGUA

Sánchez (2007) define a la turbidez como una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión, esta aumenta por la erosión de las orillas, el crecimiento excesivo de algas y los cambios de flujo del río, así como también por la actividad de algunos organismos que resuspenden los sedimentos lo que provoca una disminución fotosintética en plantas y algas (p.126).

Acebo y Hernández (2013) manifiestan que la turbidez se define como la reducción de la transparencia de un líquido causada por la presencia de

partículas no disueltas de material distinto al propio líquido. Al ser un indicador de apariencia óptica, ocasionado por la dispersión y absorción de la energía lumínica a través del líquido, la turbidez solo puede ser medida usando técnicas ópticas (p.3).

Según Lozano y Bravo (2015) el nivel de turbiedad se expresa en UNT (Unidades Nefelométricas de Turbiedad) y se mide en aparatos llamados turbidímetros. Por encima de 5 UNT, el contenido de sustancias en suspensión empieza a ser perceptible para el consumidor; por esta razón, deben asegurarse valores siempre menores, aun para asegurar una desinfección efectiva (p.23).

2.3.2. COLOR DEL AGUA

Marín (2006) afirma que el color del agua se debe a sustancias coloreadas existentes en suspensión o disueltas en ella, materias orgánicas procedentes de la descomposición de vegetales, así como de diversos productos y metabolitos orgánicos que habitualmente se encuentran en ellas (coloraciones amarillentas). Además, la presencia de sales solubles de Fe y Mn (aguas subterráneas y superficiales poco oxigenadas) también produce un cierto color en el agua (p.4).

Mientras tanto, Gasol y Alió (2000) señala que “el agua en los mares, embalses, lagos y ríos pueden contener partículas de origen inorgánico en suspensión, haciendo que tome una coloración grisácea o marrón” (p.1).

El color natural del agua Montesdeoca y Mendoza (2018) dicen que “suele darse por la extracción acuosa de sustancias de los vegetales, también por descomposición de materia, además por materia orgánica del suelo presencia de hierro, manganeso y demás compuestos metálicos” (p.8).

Así mismo, Carpio y Vidalón (2016) indican que las causas más comunes del color del agua son la presencia de hierro y manganeso coloidal o en solución, el contacto del agua con desechos orgánicos, hojas, madera, raíces, etc., en

diferentes estados de descomposición, y la presencia de taninos, ácido húmico y algunos residuos industriales. El color natural en el agua existe principalmente por efecto de partículas coloidales cargadas negativamente; debido a esto, su remoción puede lograrse con ayuda de un coagulante que de preferencia son sales de ion metálico trivalente como el Al^{+3} o el Fe^{+3} (p.9-10).

Romero (2009) indica que dos tipos de color se reconocen en el agua: el color verdadero, o sea el color de la muestra una vez que su turbidez ha sido removida, y el color aparente que incluye no solamente el color de las sustancias en solución y coloidales sino también el color debido al material suspendido. El color aparente se determina sobre la muestra original sin filtración o centrifugación previa. En general, el término color se refiere al color verdadero del agua y se acostumbra medirlo conjuntamente con el pH, pues la intensidad del color depende del pH. Normalmente el color aumenta con el incremento del pH (p.109).

2.3.3. SÓLIDOS SUSPENDIDOS

Argandoña y Macías (2013) mencionan que son principalmente de naturaleza orgánica; están formados por algunos de los materiales más objetables contenidos en el agua residual. La mayor parte de los sólidos suspendidos son desechos humanos, desperdicios de alimentos, papel, trapos y células biológicas que forman una masa de sólidos suspendidos en el agua. Constituyen uno de los límites que se fijan a los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales. Los SS se determinan como la cantidad de material retenido después de filtrar un determinado volumen de muestra, a través de crisoles "GOOCH" o filtros de fibra de vidrio que utilizan como medio filtrante (p.33).

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 grados Celsius (°C) hasta llegar a un peso constante (Yazo, 2012, p.28).

2.3.3.1. MÉTODO GRAVIMÉTRICO

Según Hernández (2007) el método gravimétrico consiste en la separación y posterior pesaje de un elemento, esta sustancia debe obtenerse en el mayor estado de pureza posible y debe encontrarse en una relación estequiométrica definida con el elemento o compuesto que se desea determinar. Los resultados se calculan a partir de la medida de la masa de la sustancia separada, la separación de la sustancia debe estar en su máxima pureza y estabilizada para obtener resultados confiables, este método comprende tres operaciones analíticas generales: filtración evaporación y calcinación o combustión. (p.2) Para la determinación de los sólidos suspendidos se aplica la siguiente ecuación:

$$\text{SST} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Volumen de la muestra}} \times 1000 \quad (2.1)$$

2.3.4. TEMPERATURA

Según Campos (2003) la temperatura es un parámetro muy importante en la vida del cuerpo de agua, pues la existencia de la biota depende directamente de la temperatura. Asimismo, la temperatura tiene efectos directos o indirectos sobre la mayoría de las reacciones químicas y bioquímicas que ocurren en el agua y la solubilidad de los gases en el agua. El mismo autor menciona que la temperatura influye en:

- La cantidad de oxígeno que se puede disolver en el agua
- La velocidad de fotosíntesis de las algas y otras plantas acuáticas
- La velocidad metabólica de los organismos
- La sensibilidad de organismos a desechos tóxicos, parásitos y enfermedades (p.51).

2.3.5. POTENCIAL HIDRÓGENO

De acuerdo con Sánchez (2007) es una medida de acidez o alcalinidad de una solución, los rangos de medida van de 0 a 14, considerándose neutral el valor de 7. El agua que contiene más iones de hidrógeno es ácida mientras que el agua que tiene más iones de hidroxilo es básica ya que su valor es mayor a 7.

Por otro lado, Ramos, Sepulveda y Villalobos (2003) manifiestan que el pH es un factor que se debe considerar si se va a realizar tratamientos como coagulación química y desinfección debido a que este debe ser controlado para que no se alteren las características biológicas de un cuerpo de agua.

Cuadro 2. 1. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Parámetro	Unidad	Límite máximo permisibles
Color real	Pt / Co	Inapreciable en dilución 1/10
pH	-	6 - 9
Sólidos suspendidos Totales	mg / l	220

Fuente: TULSMA

2.4. SEDIMENTACIÓN DEL AGUA

La sedimentación se utiliza en los tratamientos de aguas residuales para separar sólidos en suspensión de las mismas, la eliminación de la materia por sedimentación se basa en la diferencia de peso específico entre las partículas sólidas y el líquido donde se encuentran, que acaba en el depósito de las materias en suspensión. En algunos casos, la sedimentación es el único tratamiento al que se somete el agua residual es decir que puede producirse en una o varias etapas o en varios de los puntos del proceso de tratamiento (Ramalho, 2003, p.92).

En cambio, para Maldonado (s/f) “la sedimentación de partículas se da en diferentes formas, dependiendo de sus características, así como su concentración, sus formas son: sedimentación de partículas floculentas,

sedimentación de partículas discretas y sedimentación de partículas por caída libre e interferida” (p.3).

2.4.1. SEDIMENTACIÓN DE PARTÍCULAS FLOCULENTAS

Pérez (s/f) mencionan que está relacionada exclusivamente con las propiedades de caída de las partículas en el agua, según el tipo de partículas se clasifican en:

- **Sedimentación de partículas discretas.** El fenómeno de sedimentación de partículas discretas en una suspensión diluida, puede describirse por medio de la mecánica clásica.
- **Sedimentación por caída libre e interferida.** En este caso la sedimentación es solamente una función de las propiedades del fluido y las características de las partículas (p.121-122).

2.5. COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN

El proceso de coagulación-floculación se usa generalmente para remover sólidos suspendidos del agua, ya sea agua que se someterá a proceso de potabilización o agua residual, asimismo el proceso de coagulación reduce la carga negativa, contribuyendo a la agregación de partículas para formar microflóculos, por otra parte, la floculación consiste en la agregación de partículas para formar flóculos más grandes dependiendo de la temperatura y el pH del agua (Trujillo *et al.*, 2014, p.21).

Por otra parte, Cárdenas (2000) afirma que la floculación es el proceso que sigue a la coagulación, que consiste en la agitación de la masa coagulada que sirve para permitir el crecimiento y aglomeración de los flóculos recién formados con la finalidad de aumentar el tamaño y peso necesarios para sedimentar con facilidad. La misma autora menciona que existen dos tipos de floculación:

- **Floculación pericinética o browniana.** Está producido por el movimiento natural de las moléculas del agua y esta inducida por la energía térmica, este movimiento es conocido como el movimiento browniano.
- **Floculación ortocinética o gradiente de velocidad.** Se basa en las colisiones de las partículas debido al movimiento del agua, el que es inducido por una energía exterior a la masa de agua y que puede ser de origen mecánico o hidráulico (p. 33-34).

2.5.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL PROCESO DE COAGULACIÓN

2.5.1.1. INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)

Aguilar, Sáez, Lloréns, Soler y Ortuño (2002) indican que el pH es uno de los factores más importantes ya que va a determinar para cada coagulante la naturaleza de las especies presentes en el agua y su solubilidad. Existe para cada coagulante una zona de pH, donde se produce una buena floculación en plazo corto y con una dosis dada de coagulante (p.80).

Si la coagulación se realiza fuera del rango de pH óptimo del recurso, entonces se debe aumentar la cantidad del coagulante para que el agua presente los niveles de pH admisibles; cuando se emplean sales de aluminio como químico coagulante, el rango de pH admitido para el proceso está entre 6.5 a 8.0, mientras que, para las sales de hierro, el rango de pH está entre 5.5 a 8.5 unidades (Cárdenas, 2000, p.16).

2.5.2. INFLUENCIA DE LA COAGULACIÓN

Normalmente no todos los coagulantes producen el mismo efecto ni llevan a cabo la desestabilización por el mismo mecanismo. Hay muchos factores que influyen en el proceso de coagulación y que varían dependiendo del tipo de coagulante, como por ejemplo el margen de pH óptimo y la solubilidad. El tamaño de la partícula también influye en la cantidad de coagulante necesaria para realizar la coagulación, se puede hacer notar, por ejemplo, que las materias suspendidas muy finas son más difíciles de coagular que las

partículas más grandes, y por ello necesitan mayor cantidad de coagulante (Aguilar, Sáez, Lloréns, Soler, Ortuño, 2002, p.79-80).

2.6. POLÍMEROS NATURALES

Con respecto a los polímeros naturales Billmeyer (2004) indica que estos han sido utilizados desde los tiempos remotos. Desde su comienzo el hombre ha dependido de la materia vegetal y animal para su sustento, protección, y otras necesidades. Hace aproximadamente un siglo fueron reconocidas las singulares propiedades de los polímeros naturales, el término coloidal se propuso para distinguir a los polímeros como una clase aparte de los materiales que podían ser obtenidos de forma cristalina (p.10).

De igual manera, Nieto y Orellana (2011) afirman que los polímeros son coagulantes alternativos que pueden tener rendimientos iguales o incluso superiores a los de origen sintético, además tienen un valor agregado relacionado con las características de biodegradabilidad que lo convierten en una alternativa viable desde el punto de vista ambiental. Algunos de los coagulantes de origen natural son almidones y polisacáridos naturales, tales como la celulosa, la moringa y el quitosano, siendo estos últimos el objeto de estudio de este trabajo (p.68-69).

2.6.1. QUITOSANO DEL CAMARÓN

El quitosano es un polímero natural, producto de la N- desacetilación de la quitina, el cual es el segundo polímero natural más abundante después de la celulosa. El quitosano, al ser un polisacárido catiónico compuesto de unidades de D-glucosamina (GlcN, ~ 80%) y N-acetil-D-glucosamina (GlcNAc, ~20%), presenta un gran número de grupos aminos e hidroxilos libres en la cadena glucosídica, que facilitan la adsorción de moléculas acídicas de CO₂ en su estructura (Galindo, 2014, p.3).

El grupo amino en el quitosano posee una ligera carga positiva, lo que le permite ser soluble en medios ácidos o en soluciones neutras; es un bio-

adhesivo que puede ligarse a las superficies cargadas negativamente tales como las membranas mucosas; debido a esta propiedad física el quitosano permite el transporte de principios activos polares a través de las superficies epiteliales, siendo además bio-compatible y biodegradable (Nieto y Orellana, 2011, p.39).

2.6.1.1. QUITOSANO Y SU USO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS

En cuanto al quitosano, Lárez (2006) indica que entre los principales usos que se hacen en la actualidad de este biopolímero, y algunos de sus derivados, en este campo se tiene:

- Coagulante primario para aguas residuales de alta turbidez y alta alcalinidad.
- Floculante para la remoción de partículas coloidales sólidas y aceites de pescado.
- Captura de metales pesados y pesticidas en soluciones acuosas. Algunos copolímeros de injerto del quitosano muestran alta efectividad para remover metales pesados, especialmente los derivados de ácidos alquenodiólicos (p.17).

2.6.2. SEMILLAS DE MORINGA (*M. oleífera*)

Respecto a la moringa, Bruhns (2011) expone que es un árbol de poca apariencia, que crece muy rápidamente en condiciones secas y arenosas en la India, Indonesia, Sri Lanka y en los últimos tiempos también en países africanos y sudamericanos. La moringa en América tropical generalmente es cultivada como planta ornamental que comprende 13 especies de árboles presentes en climas tropicales y subtropicales, el árbol brinda innumerable cantidad de productos: las hojas y flores poseen cualidades nutritivas como vitamina A, vitamina C, potasio, calcio, entre otros. La planta de moringa crece con facilidad logrando alcanzar unos 10 a 12 metros, la especie más conocida es la (*M oleífera*) (p.11).

Cuadro 2. 2. Clasificación científica de la moringa.

Taxonomía	
Reino:	Plantae
Orden:	Brassicales
Familia:	Moringaceae
Género:	Moringa

Fuente: (Robert, 2008)

Además, Feria, Bermúdez y Estrada (2014) aluden que “siendo la semilla de la moringa un polielectrolito que posee múltiples moléculas y proteínas solubles en el agua, como coagulante natural la moringa (*M. oleífera*) representa una alternativa sostenible, económica y segura en el uso de tratamiento de agua” (p.11).

2.6.2.1. POLIELECTROLITO DE MORINGA (*M. oleífera*) COMO COAGULANTE

Un agente activo presente en las semillas de moringa (*M. oleífera*), puede alcanzar a desarrollar su uso como coagulante alternativo en el tratamiento de aguas. Ciertos estudios realizados acerca de esta semilla, han demostrado que contiene péptidos catiónicos con un peso molecular entre 6 y 16 KDa (Kilodalton), la acción de la moringa en el agua se debe a la presencia de proteínas catiónicas solubles; la absorción - neutralización de cargas son los principales mecanismos de coagulación presentes en el tratamiento con moringa (Vera y Zambrano, 2019, p.9).

La semilla de moringa contiene 17 aminoácidos de los cuales 9 tienen grupos radicales polares; estos aminoácidos polares hidrofílicos presentes en la semilla de moringa son: ácido glutámico, ácido aspártico, arginina, histidina y lisina presentes como agente coagulante activo de las semillas de la moringa de tal manera que este coagulante puede estar formado principalmente de una o varias proteínas o cadenas polipeptídicas solubles en agua permitiendo mayor contacto con las partículas coloidales presentes en agua turbias y así mejorando la función coagulante de las semillas (Gómez, 2010, p.3).

2.7. CENTRO DE FAENAMIENTO

Según Tapia (2008) la finalidad de un centro de faenamiento es producir carne preparada de manera higiénica y técnica mediante equipos mecánicos adecuados para el sacrificio, manipulación, elaboración y conservación de las especies de carnicerías bajo varias formas y al mismo tiempo facilitar la debida inspección para el manejo adecuado de los desechos resultantes, hasta que es adquirida por el consumidor final (p.13).

Muñoz (2005) afirma que las aguas residuales de matadero poseen una elevada concentración de materia orgánica, tanto disuelta como en suspensión, que fundamentalmente está constituida por proteínas y sus productos de descomposición, así mismo poseen altas concentraciones de grasas que pueden interferir gravemente en su tratamiento biológico (p.95).

2.8. PRUEBA DE JARRAS

Sirve para determinar si un efluente puede ser tratado de manera rentable y con la eficiencia deseada mediante tratamiento de floculación-coagulación, consiste en colocar agua residual en vasos de precipitado y añadir, progresivamente, diferentes cantidades de coagulantes. Se somete el juego de vasos "jarras" a una agitación rápida para homogeneizar el medio y, posteriormente, a una agitación lenta para favorecer la formación del flóculo. Mediante estos ensayos es posible determinar el coagulante o floculante óptimo, mezclado necesario, pH óptimo, dosis óptima y rendimiento máximo alcanzable (Jiménez, 2001, p.208).

Criterio compartido por Restrepo (2001) quien indica que la coagulación química y la dosificación adecuada de reactivos deben ser escogidas por la simulación del paso de clarificación en un laboratorio. La Prueba de Jarras permite establecer la clarificación y la operación llevada a cabo. Un arreglo simple de vasos de precipitado con la muestra y la agitación adecuada permite comparar las correctas dosificaciones, las cuales están sujetas a condiciones hidráulicas similares (p.12).

2.9. EFICIENCIA DE LA REMOCIÓN

De acuerdo con Gutiérrez, Valencia y Aragón (2014), la determinación de la eficiencia de remoción es la base fundamental para calcular el porcentaje de remoción en los tratamientos de depuración para aguas residuales ya que se la define como el porcentaje de coloides que han sido removidos, como parte del tratamiento que se haya aplicado, así el efluente se ve reducido o eliminado su carga orgánica dependiendo de la efectividad del coagulante. Para la determinación de la eficiencia de remoción se aplica la siguiente ecuación:

$$E = \frac{S_{inicial} - S_{final}}{S_{inicial}} \times 100 \quad (2.2)$$

Donde:

E = eficiencia de remoción

Si = Carga contaminante antes del tratamiento

S final = Carga contaminante después del tratamiento

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

Esta investigación se realizó en el laboratorio de química ambiental del área agroindustrial de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”, ubicada en el sitio El Limón del cantón Bolívar, provincia de Manabí. Las coordenadas del lugar de investigación son 0°49’36” S80°11’10” W.



Figura 3. 1. Ubicación del laboratorio de química ambiental del área agroindustrial de la ESPAM MFL.

3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO

La investigación tuvo una duración de 9 meses, inicia desde el mes de marzo del 2019 hasta noviembre del 2019.

3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.3.1. INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL

Se aplicó este tipo de investigación con la finalidad de establecer un diseño que permita manipular cada una de las variables las cuales fueron el polielectrolito de moringa y quitosano (independiente), y observar su resultado en la otra variable (dependiente) la cual fue la remoción de sólidos suspendidos totales del agua residual del centro de faenamiento.

3.4. MÉTODOS

3.4.1. MÉTODO INDUCTIVO

La inducción es una forma de razonamiento en la que se pasa del conocimiento de casos particulares a un conocimiento más general, que refleja lo que hay de común en los fenómenos individuales. (Rodríguez, Pérez y Alipio, 2017, p.10), por medio este método se pudo determinar las dosificaciones que se aplicaron a cada una de las unidades experimentales mediante la técnica de pruebas de jarras para determinar la eficiencia de cada uno de los polímeros.

3.4.2. MÉTODO ESTADÍSTICO

Se empleó la estadística descriptiva en donde se recopilaron los resultados obtenidos de la presente investigación con el fin de tabularlos y luego aplicar la estadística inferencial para determinar si hubo diferencia significativa en cada uno de los tratamientos realizados a través del uso del software InfoStat, en donde se representó mediante gráficos el análisis de varianza de cada uno de los parámetros del agua residual.

3.4.3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La revisión bibliográfica constituye una etapa esencial en el desarrollo de un trabajo científico y académico, ya que es considerada como la búsqueda sistemática y exhaustiva de material editado sobre una materia determinada (Lafuente, 2017, p.152), con la finalidad de obtener el conocimiento teórico adecuado se recurrió a la recopilación de datos bibliográficos en plataformas de artículos científicos y como Redalyc, Scielo además de repositorios y tesis de pregrado.

3.5. TÉCNICA

3.5.1. PRUEBA DE JARRAS

La prueba de jarras es una etapa importante en el proceso de tratamiento de aguas residuales, y requiere de especial seguimiento, ya que es una prueba de corta duración y permite mediante observación identificar el comportamiento de los coagulantes empleados, lo que complementa los resultados de medición de parámetros en cada jarra (Fúquene y Yate, 2018, p.6). La prueba de jarras se utilizó para determinar la dosis más efectiva de coagulantes del quitosano y polielectrolito de moringa para un agua específica durante el control de la coagulación y floculación en el centro de faenamiento del cantón Bolívar.

3.6. FACTORES EN ESTUDIO

Cantidad de quitosano y polielectrolito de moringa (*M. oleífera*).

3.7. VARIABLES A MEDIR

3.7.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Polielectrolito de moringa (*M. oleífera*) y quitosano.

3.7.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Remoción de sólidos suspendidos totales (SST).

3.8. DISEÑO EXPERIMENTAL

Esta investigación estuvo sujeta a un Diseño Completamente al Azar (DCA) en arreglo unifactorial (4x4), se aplicó el (DCA) debido a que las unidades experimentales son homogéneas, ya que a cada una de las variables se les confiere la oportunidad de determinar si existe o no una diferencia significativa entre cada uno de los tratamientos. Para cada tratamiento se realizó 4 réplicas,

también se realizó una prueba de media Tukey al 5% de probabilidades de error.

Cuadro 3. 1. Diseño experimental DCA.

Tratamiento	Coagulante	Dosis	Agua residual
T ₁	Quitosano + Polielectrolito	2g. + 2ml.	500 ml.
T ₂	Quitosano + Polielectrolito	4g. + 4ml.	500 ml.
T ₃	Quitosano + Polielectrolito	2g. + 4ml.	500 ml.
T ₄	Quitosano + Polielectrolito	4g. + 2ml.	500 ml.

Fuente: Elaborado por el autor

3.9. UNIDAD EXPERIMENTAL

Se procedió a colocar 500 ml del agua residual a 16 vasos de precipitación de una capacidad máxima de 1000 ml cada uno, luego se aplicó las dosificaciones de polielectrolito de moringa y quitosano a cada una de las unidades experimentales para medir y analizar los parámetros físicos del agua, luego se realizó la técnica prueba de jarras a 150 rpm por un tiempo estimado de 15 minutos.

Cuadro 3. 2. Descripción de las unidades experimentales.

Tratamiento	Unidad experimental	Combinaciones		Agua Residual	Tiempo de agitación
		Quitosano	Polielectrolito de moringa		
T ₁	R ₁	2g.	2ml.	500 ml	15min.
	R ₂				
	R ₃				
	R ₄				
T ₂	R ₁	4g.	4ml.	500 ml	15min.
	R ₂				
	R ₃				
	R ₄				
T ₃	R ₁	2g.	4ml.	500 ml	15min.
	R ₂				
	R ₃				
	R ₄				
T ₄	R ₁	4g.	2ml.	500 ml	15min.
	R ₂				
	R ₃				
	R ₄				

Fuente: Elaborado por el autor

3.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Haciendo uso del software InfoStat, se recolectó y se tabuló todos los resultados obtenidos del experimento para luego analizarlos y diferenciar cuales de los tratamientos presentaron diferencias significativas entre sí.

Cuadro 3. 3. Análisis de la varianza.

Fuente de variación	Grado de libertad
Total	15
Tratamientos	3
Error experimental	12

Fuente: Elaborado por el autor

3.11. MANEJO DEL EXPERIMENTO

Dentro del manejo de la investigación se desarrolló varias actividades, las cuales ayudaron a conocer el cumplimiento respectivo de los objetivos planteados para favorecer el manejo de la información y su aplicabilidad inmediata, tal como se describen a continuación.

3.11.1. FASE 1. CARACTERIZAR LOS PARÁMETROS FÍSICOS DEL AGUA RESIDUAL DEL CENTRO DE FAENAMIENTO DEL CANTÓN BOLÍVAR

3.11.1.1. ACTIVIDAD 1. RECOLECCIÓN DEL AGUA RESIDUAL DEL CENTRO DE FAENAMIENTO DEL CANTÓN BOLÍVAR

Se procedió a ir al centro de faenamiento del cantón Bolívar para la recolección del efluente, esta actividad se realizó en horas de la noche debido a que en este horario realizan el respectivo faenamiento y limpieza del lugar en donde se tomó 8 litros de agua residual en el punto de la descarga final de la misma. Luego se procedió a colocar las muestras del agua residuales en refrigeración como lo establece la Norma Técnica Ecuatoriana [NTE] del Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN] 2169:2013 donde indica que para la recolección y conservación de la muestra del agua se debe mantener a temperaturas entre 2°C y 5°C para su respectivo análisis y tratamiento.

3.11.1.2. ACTIVIDAD 2. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS DEL AGUA RESIDUAL

En el laboratorio de química ambiental del área agroindustrial de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí se analizó cada uno de los parámetros físicos indicados como: color, pH, sólidos suspendidos, turbidez y se aplicaron los siguientes métodos:

Cuadro 3. 4. Metodología de análisis.

Parámetros	Métodos
Sólidos suspendidos	Gravimetría
pH	Potenciometría
Turbidez	Espectrofotometría
Color	Espectrofotometría

Fuente: Londoño, Giraldo y Gutiérrez (2010).

- **Medición del pH**

Para la medición de pH del agua residual se utilizó el equipo marca Téster pH/ORP MPH58, donde se procedió a introducir el mismo a la muestra de agua residual, luego se lavó al electrodo (parte inferior del equipo) con agua destilada esto se hace con la finalidad de calibrar el equipo después de cada lectura de las muestras, este proceso se repitió cada vez que se iba a analizar las unidades experimentales.

- **Determinación de los sólidos suspendidos**

Para la determinación de sólidos suspendidos se procedió a utilizar el método gravimétrico en donde se colocó a la estufa el papel filtro en recipientes de vidrio a 105°C por una hora, luego se procedió a pesar en una balanza marca Sartorius cada papel filtro, después de obtener el peso de cada uno, se los colocó en la base del equipo de filtración y se le agregó 100 ml del agua residual, luego se los retiró y se los llevó nuevamente a la estufa por una hora a 105°C; para eliminar la humedad, se los colocó en un desecador por 30 minutos, nuevamente se vuelve a pesar cada papel filtro en la balanza para así

obtener el peso final de cada una de las muestras y finalmente se procedió a aplicar la fórmula para la determinación de los sólidos suspendidos.

- **Determinación de color y turbidez**

Se determinó el color y turbidez mediante el método de espectrofotometría, usando el equipo marca Spectroquant Move 100, se procedió a colocar el blanco (agua destilada) en el equipo para la calibración del mismo, de acuerdo a el parámetro a medir, luego de haber calibrado el mismo, se realizó una dilución 10/100 ml a la muestra del agua residual puesto que esta pasó el límite de rango de detección del equipo.

3.11.2. FASE 2. DETERMINAR EL TRATAMIENTO QUE MEJORE LA REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS EN AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO DE FAENAMIENTO DEL CANTÓN BOLÍVAR

3.11.2.1. OBTENCIÓN DEL QUITOSANO:

- **Recepción de la materia prima**

Se obtuvo 6 libras de residuos de cáscara de camarón, provistos de la compra de los mismos. Se separaron las colas y restos de pulpa de las cáscaras y de otros residuos orgánicos e impurezas que contiene el exoesqueleto. Las cáscaras se pesaron en una balanza marca Shimadzu, donde se obtuvo un peso de 250 gramos, luego se las llevó a una estufa marca Memmert a una temperatura de 60°C durante 5 horas para el secado de las mismas. Luego de haberlas llevado a la estufa las cáscaras se trituraron en un mortero hasta obtener un polvo rosado que se tamizó en una malla de 20 - 30 mesh.

- **Desmineralización:**

Para llevar a cabo el proceso de desmineralización se preparó una solución de ácido clorhídrico (HCl) a una concentración de 1,3 Normal, luego esta se mezcló con el polvo obtenido del tamizado durante una hora en un agitador

magnético marca Corning a 200 rpm y a una temperatura ambiente (25°C). Al concluir la etapa, la solución se filtró al vacío con papel de filtro sobre un matraz en donde se lavó con abundante agua destilada hasta lograr un pH neutro obteniendo el sólido seco (quitina) para usarlo en el próximo proceso.

- **Desproteización**

En esta etapa para separar la proteína presente en el material biológico, se preparó una solución de Hidróxido de sodio (NaOH) a una concentración de 0,8 Normal, esta solución se mezcló con el sólido seco (quitina) en un agitador magnético marca Corning a 200 rpm en un periodo de 4 horas a 80°C. Al finalizar el proceso, el sólido seco (quitina) nuevamente se filtró al vacío lavando con abundante agua destilada hasta lograr un pH neutro, la quitina obtenida en esta etapa se la llevo a la estufa marca Memmert por 30 minutos a 80°C.

- **Desacetilación**

La última etapa consistió en la desacetilación de la quitina obtenida con el fin de hidrolizar los grupos amino presentes y obtener así el quitosano. Después de haber retirado la quitina de la estufa se procedió a preparar una solución de hidróxido de sodio (NaOH), a una concentración 13 Normal, esta se la mezcló en un agitador magnético a 150 rpm en un periodo de 4 horas a 100 °C. Se repitió el mismo proceso de filtración al vacío logrando un pH neutro, para luego secarla en la estufa a 80°C por un periodo de 30 minutos y finalmente obtener el quitosano.

3.11.2.2. ACTIVIDAD 4. OBTENCIÓN DE LA HARINA Y DEL POLIELECTROLITO DE LA SEMILLA DE MORINGA (*Moringa oleífera*)

Se recolectaron aproximadamente unas 400 semillas en la ciudad de Calceta, de plantaciones de árboles de moringa. Siguiendo lo expuesto por Melo y Turriago (2012) una vez recolectadas se retiraron las semillas de moringa (*Moringa oleífera*) manualmente de las vainas, se les abrió la cáscara que

recubre la almendra interna y se las procedió a triturar en un molino manual obteniendo un polvo, luego fueron tamizadas en una malla de 35 mesh de 600 micras para obtener una harina de color amarillento (p.53).

Una vez obtenida la harina, se procedió a agregar 100 gramos de la misma en 200 ml de alcohol etílico al 95% de pureza, esta solución se mezcló durante 15 minutos en un agitador magnético marca Corning a 300 rpm, luego se dejó en reposo durante 1 hora. Después con una bureta se extrajo la mayor cantidad de aceite resultante de la mezcla, la solución restante se filtró al vacío separando las mezclas sólido-líquido, posteriormente se preparó una solución de cloruro de sodio al 5% mezclándola con la fracción de sólidos resultantes de la filtración para obtener 60 ml de polielectrolito de moringa, a partir de esto se conservó en refrigeración por 24 horas para su posterior uso (Aguirre, Piraneque y Cruz, 2018, p.62).

3.11.2.3. ACTIVIDAD 5. APLICACIÓN DEL MÉTODO DE PRUEBA DE JARRA CON LAS DIFERENTES CONCENTRACIONES

Se aplicó el método de prueba de jarras para evaluar la dosis óptima del polielectrolito de moringa (*Moringa oleífera*) y quitosano de camarón en la remoción de sólidos suspendidos.

Para determinar las dosis óptimas de los polímeros se realizó 4 tratamientos cada uno de ellos con 4 réplicas, se procedió a utilizar el equipo de prueba de jarras marca Phipps & Bird en donde a cada vaso precipitado se colocó 500 ml de agua residual del centro de faenamiento, luego se añadió las diferentes dosis de polielectrolito de moringa y quitosano respectivamente. Posteriormente se ubicaron las paletas dentro de las jarras en donde cada muestra se sometió a una agitación de 150 rpm por 15 minutos.

Una vez que finalizó el tiempo de agitación, se extrajeron las paletas dejando sedimentar las muestras de agua residual por un lapso de 48 horas, pasado el tiempo de sedimentación se procedió a analizar cada una de las muestras para

determinar los sólidos suspendidos, pH, turbidez y color después que se haya aplicado las diferentes dosis de polímeros.

3.11.2.4. ACTIVIDAD 6. APLICACIÓN DE ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Después de haber obtenido los resultados de cada uno de los tratamientos y sus respectivas réplicas, se recolecto los datos y a través del uso del software InfoStat se determinó la significancia que existe entre ambos polímeros con respecto a la remoción de sólidos suspendidos del centro de faenamiento del cantón Bolívar en diferentes proporciones. Los análisis estadísticos que se aplicaron son los siguientes:

- Análisis de varianza de un factor (ANOVA).
- Prueba de media, Tukey al 5% de probabilidad de error.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS DEL AGUA RESIDUAL DEL CENTRO DE FAENAMIENTO DEL CANTÓN BOLÍVAR

Se realizaron los respectivos análisis de los parámetros físicos del agua residual en el laboratorio de Química Ambiental del área Agroindustrial de la Escuela Superior Politécnica de Manabí con los métodos previamente citados obteniendo los siguientes resultados:

Cuadro 4. 1. Caracterización del agua residual.

Parámetro	Método	Unidad	Efluente
Color	Espectrofotométrico	Pt/ Co	526
Sólidos suspendidos	Gravimétrico	mg/l	330
Turbidez	Espectrofotometría	NTU	17
pH	Potenciométrico	-	7,5

Fuente: Elaborado por el autor

De acuerdo a las caracterizaciones iniciales se demuestra que los sólidos suspendidos hallados en el agua residual del centro de faenamiento superan los límites permisibles establecidos en el anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA). Coincidiendo con lo expuesto por Carpio (2018) quien manifiesta que los valores de los parámetros de este tipo de aguas siempre serán de un rango alto puesto que la incorporación de grasas y su elevado grado de contaminación tanto orgánica como microbiológica proveniente del faenamiento hacen que sea inevitable la presencia de partículas sólidas de gran tamaño siendo difíciles de eliminar. Zurita (2015) manifiesta que obtuvo altos valores en los sólidos suspendidos puesto que las actividades que se desarrollan dentro del centro de faenamiento durante los procesos generan residuos líquidos, los mismos que al no tener un tratamiento y disposición final adecuada causan un gran impacto en el agua. Sin embargo, Vera y Zambrano (2019) en una investigación previa realizada en el mismo sitio obtuvieron valores de 330 Pt/Co

en color y 32,7 NTU en turbidez, que difieren de los resultados obtenidos del centro de faenamiento en la presente investigación.

4.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS DEL AGUA RESIDUAL DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE LAS DOSIS DE BIOPOLÍMEROS

Se realizó un diagrama de flujos donde indica todas las entradas y salidas de cada uno de los procesos para obtener el polielectrolito de moringa (*Moringa oleífera*) y quitosano.

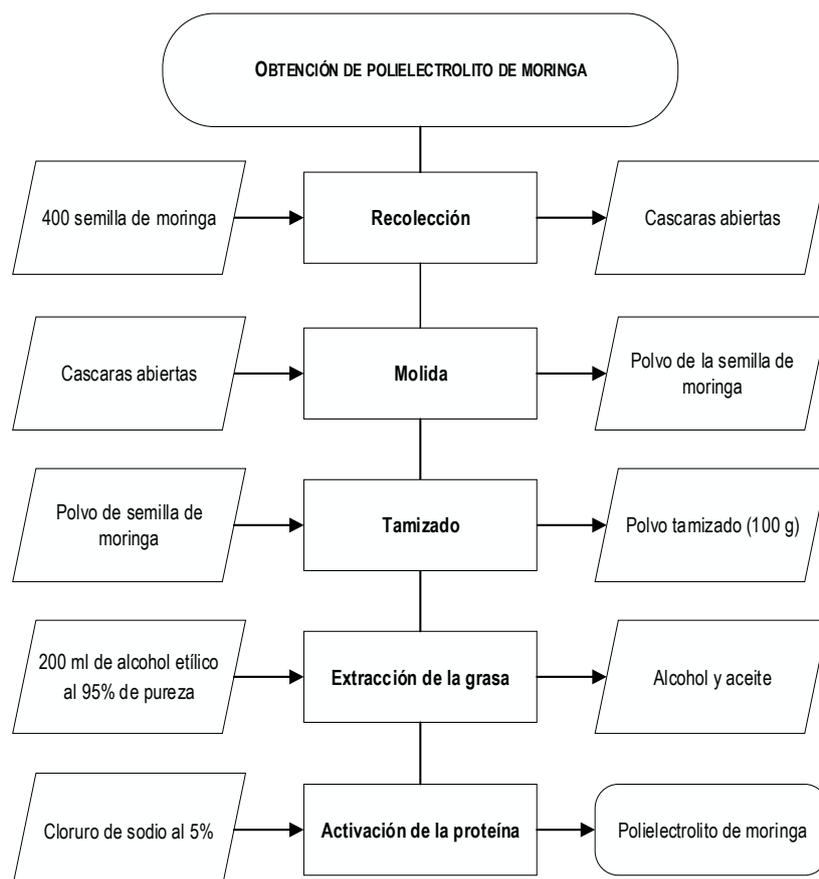


Figura 4. 1. Diagrama de flujo del proceso de la obtención de la Moringa.

Fuente: Elaborado por el autor

En la figura 4.1 se indica el proceso para la obtención del polielectrolito de la semilla de moringa, a diferencia de Montesdeoca y Loo (2018) en donde manifiestan que obtuvieron 100 ml de polielectrolito para la cual utilizaron 14,625 g de Cloruro de sodio en 100 ml de agua destilada junto con 5 g de harina procesada en 100 ml del alcohol al 65% de pureza. Coincidiendo con

Vera y Zambrano (2019) extrajeron la mayor cantidad de aceite utilizando una solución de alcohol etílico, en donde agregaron 50 g de polvo de moringa a 200 ml de etanol para luego remover la solución en un agitador magnético y dejar reposar por un día, obteniendo la masa de la moringa seca para su posterior triturado.

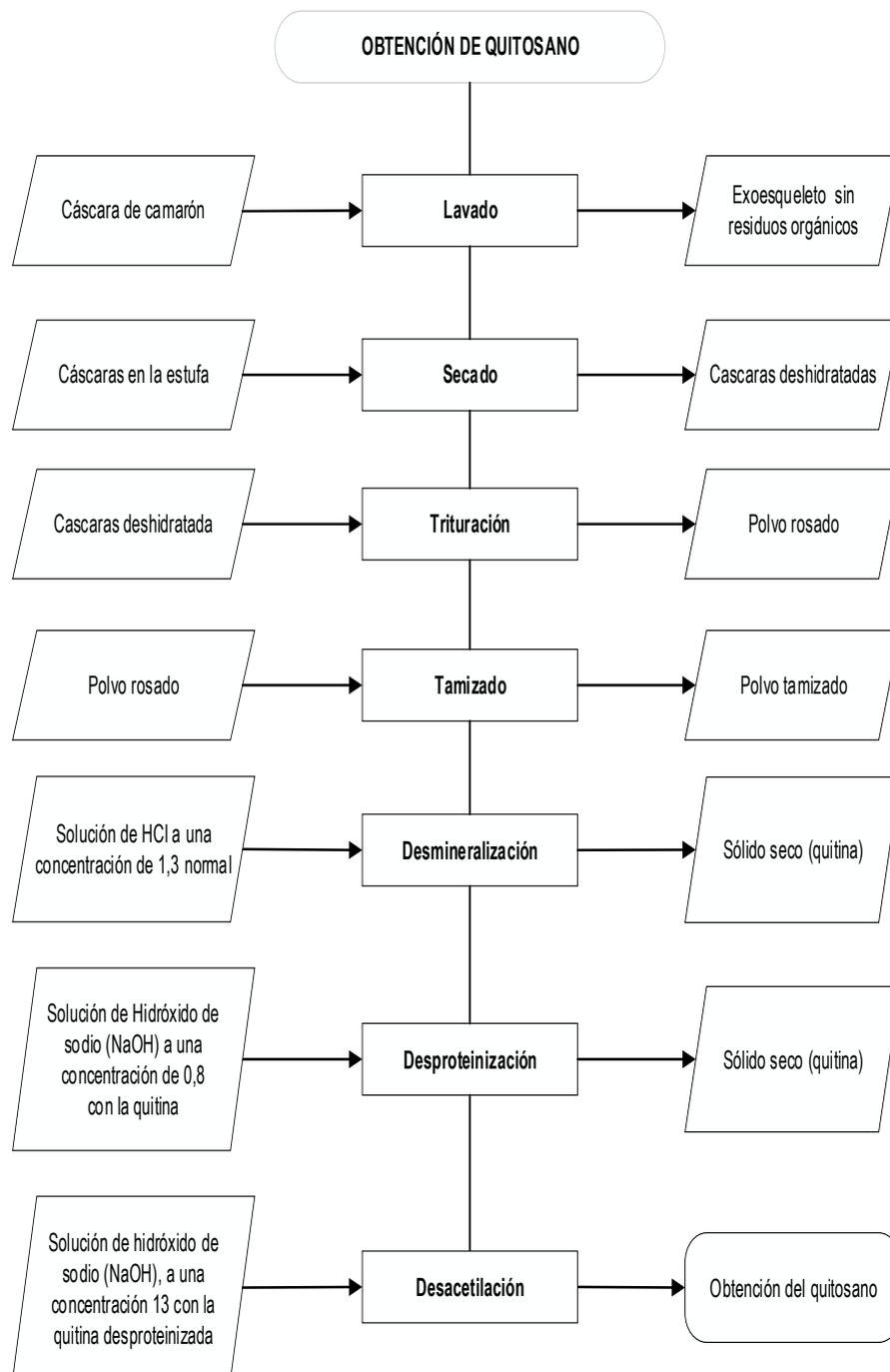


Figura 4. 2. Diagrama de flujo del proceso de la obtención del Quitosano.

Fuente: Elaborado por el autor

En la figura 4.2. Se indica cada uno de los procesos de desproteínización, desmineralización y desacetilación de la quitina para obtener el quitosano. Sin embargo, Carpio (2017) manifiesta que utilizó otro método que consistió en dejar secar las cáscaras por 2 semanas a una temperatura ambiente con el fin de optimizar los procesos continuos, el mismo autor menciona que en el proceso de desproteínización utilizó carbonato de sodio al 4% liberando los caparzones del material proteico. Mientras tanto López (2014) utilizó una solución acuosa de hidróxido de sodio a 2 Molar con una agitación durante 3 horas, a temperaturas entre 90°C y 100°C debido a que esta solución rompe los enlaces de hidrógeno que mantiene unidas las moléculas de las proteínas.

4.3. DETERMINACIÓN DEL TRATAMIENTO QUE MEJORE LA REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS EN AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO DE FAENAMIENTO DEL CANTÓN BOLÍVAR

Una vez obtenido los resultados del experimento se procedió a utilizar Microsoft Excel 2016 para tabular los datos, seguidamente se utilizó el software Infostat en donde se realizó el análisis de variancia de un factor y una prueba de media Tukey al 5% de probabilidad de error con la finalidad de recomendar el tratamiento con mayor eficiencia y también para contrastar alguna diferencia significativa entre los tratamientos en cuanto a los parámetros físicos del agua residual.

4.3.1. SÓLIDOS SUSPENDIDOS

En el cuadro 4.2 se indica los resultados de las concentraciones inicial y final de los sólidos suspendidos del agua residual del centro de faenamiento, así como el porcentaje de remoción con las diferentes dosis de polielectrolito de moringa y quitosano.

Cuadro 4. 2. Porcentaje de remoción de Sólidos Suspendedos por tratamientos.

Tratamiento	Repeticiones	Concentración inicial SST	SST en agua tratada (mg/l)	Porcentaje remoción (%)	Promedio total de remoción
T1	R ₁	330	97	70	78%
	R ₂	330	60	81	
	R ₃	330	59	82	
	R ₄	330	60	81	
T2	R ₁	330	43	86	83%
	R ₂	330	66	80	
	R ₃	330	46	86	
	R ₄	330	66	80	
T3	R ₁	330	80	75	76%
	R ₂	330	82	75	
	R ₃	330	70	78	
	R ₄	330	68	79	
T4	R ₁	330	75	77	82%
	R ₂	330	80	75	
	R ₃	330	90	72	
	R ₄	330	75	77	

Fuente: Elaborado por el autor

El agua residual inicial presentó un valor de 330 mg/l, después de aplicar los respectivos tratamientos se determinó que la mayor remoción la presentó el tratamiento T₂ (4g + 4 ml) con un 83% seguido del tratamiento T₁ (2g + 2ml) con un 78% de remoción.

En el cuadro 4.3 se indica el análisis de varianza de los sólidos suspendidos que se aplicó a cada uno de los tratamientos para medir el nivel de significancia de cada uno de ellos.

Cuadro 4. 3. Análisis de la varianza de los SST.

F.V.	SC	GL	CM	F	P-valor
Tratamientos	1373,69	3	457,90	3,03	0,0708
Error	1810,75	12	150,90		
Total	3184,44	15			

Fuente: Elaborado por el autor

Se determinó mediante la prueba estadística, análisis de varianza (ANOVA) que no existe diferencias significativas entre los cuatro tratamientos, puesto que P-valor (0,0708) es mayor a 0,05, sus medias son estadísticamente

iguales, razón por la cual pueden ser tomados cualquiera, de los tratamientos, si la variable de análisis son los sólidos suspendidos.

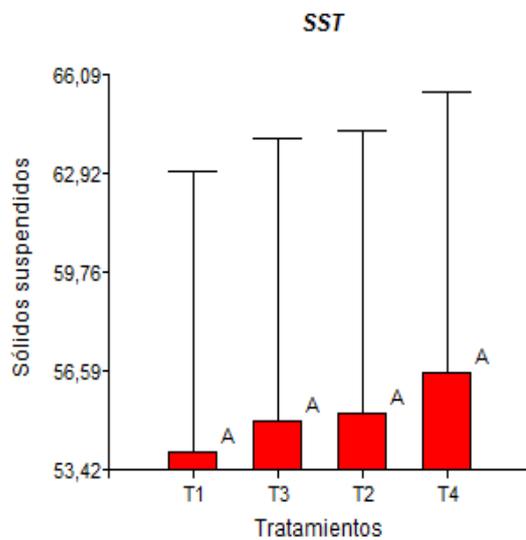


Gráfico 4. 1. Media de los tratamientos de los sólidos suspendidos

De acuerdo con Arias *et al.*, (2017) quien encontró remociones que oscilaron entre un 20 y 40% demostrando que la moringa (*M. oleífera*) como coagulante en aguas muestra una reducción ligeramente visible en la cantidad de partículas en suspensión mientras que el mismo autor afirma que los altos valores de carga contaminante y características organolépticas dependen de la cantidad y tipo de ganado que se sacrificaran por día (p.37), por otra parte, Paredes (2013) manifiesta que la moringa dado su origen vegetal disminuye gran parte de los sólidos presentes en el agua mediante procesos de absorción (p.245).

4.3.2. COLOR

En el cuadro 4.4 se indica los resultados de las concentraciones inicial y final del parámetro color, así como el porcentaje de remoción con las diferentes dosis de polielectrolito de moringa y quitosano.

Cuadro 4. 4. Porcentajes de remoción del color por tratamientos.

Tratamiento	Repeticiones	Color Inicial (Pt/Co)	Color Final (Pt/Co)	Porcentaje remoción (%)	Promedio total de remoción (%)
T1	R ₁	526	296	43	36%
	R ₂	526	320	39	
	R ₃	526	350	33	
	R ₄	526	375	30	
T2	R ₁	526	280	46	43%
	R ₂	526	310	41	
	R ₃	526	297	43	
	R ₄	526	306	41	
T3	R ₁	526	317	39	31%
	R ₂	526	410	22	
	R ₃	526	350	33	
	R ₄	526	370	29	
T4	R ₁	526	435	17	15%
	R ₂	526	450	15	
	R ₃	526	470	10	
	R ₄	526	440	16	

Fuente: Elaborado por el autor

El color inicial presentó valores de 526 Pt/Co, después de aplicar los tratamientos correspondientes se determinó que la mayor remoción la presentó el tratamiento T₂ (2g + 2ml) con un 43 %, seguido del T₁ (2g + 2ml) 36%, T₃ (2g + 4ml) 31% y T₄ (4g + 2ml) 15%.

En el cuadro 4.5 se indica el análisis de varianza de la variable color que se aplicó a cada uno de los tratamientos para medir el nivel de significancia de cada uno de ellos.

Cuadro 4. 5. Análisis de la varianza de color.

F.V.	SC	GL	CM	F	P-valor
Tratamientos	49361,19	3	16453,73	21,63	<0,0001
Error	9127,25	12	760,60		
Total	58488,44	15			

Fuente: Elaborado por el autor

Se determinó mediante la prueba estadística, análisis de varianza (ANOVA) que existen diferencias significativas entre los cuatro tratamientos puesto que

P-valor (0,001) es menor a 0,05 respecto a la variable color, teniendo en cuenta que el T4 tuvo una mayor variación a diferencia de los demás tratamientos.

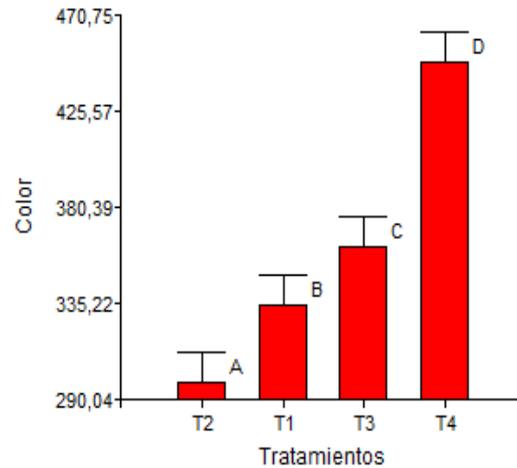


Gráfico 4. 2. Medias de tratamiento en la variable color.

En el gráfico 4.2 muestra cada uno de los tratamientos respecto a la variable color, demostrando que el T4 (4g + 2 ml) de quitosano y polielectrolito de moringa muestra una mayor variación respecto a los demás tratamientos. Por lo tanto, Chávez (2017) manifiesta que en el estudio de influencia del color se debe a la alta carga orgánica y el contenido de sangre presente en este tipo de aguas que dificultan la remoción y clarificación apropiada de la misma, mientras que Arias *et al.*, (2017) indican que la sustancia coagulante obtenida de la semilla *M. oleífera* muestra una mayor remoción residual en turbidez y color con valores del 73 y 74% respectivamente (p.36).

4.3.3. TURBIDEZ

En el cuadro 4.6 se indican los porcentajes de turbidez inicial y final respectivamente, en donde se aplicó las dosis de cada uno de los polímeros (polielectrolito de moringa y quitosano) al agua residual del centro de faenamiento.

Cuadro 4. 6. Porcentajes de remoción de la turbidez por tratamientos.

Tratamiento	Repeticiones	Turbidez inicial (NTU)	Turbidez en agua tratada (NTU)	Porcentaje remoción	Promedio total de remoción
T1	R ₁	17	6	64	26%
	R ₂	17	15	11	
	R ₃	17	14	17	
	R ₄	17	15	11	
T2	R ₁	17	13	23	23%
	R ₂	17	13	23	
	R ₃	17	14	17	
	R ₄	17	12	29	
T3	R ₁	17	15	11	19%
	R ₂	17	13	23	
	R ₃	17	13	23	
	R ₄	17	14	17	
T4	R ₁	17	14	17	17%
	R ₂	17	10	41	
	R ₃	17	16	5	
	R ₄	17	18	5	

Fuente: Elaborado por el autor

Los valores de turbidez inicial y final en donde se aplicó las dosis de cada uno de los polímeros, el tratamiento con mayor remoción fue el tratamiento T₁ (2g+2ml) con un 26% de remoción, seguido del T₂ (4g+4ml) con un 23%, (T₃) 19 % y T₄ con un 17%,

En el cuadro 4.7 se indica el análisis de varianza de la variable turbidez que se aplicó a cada uno de los tratamientos para medir el nivel de significancia de cada uno de ellos.

Cuadro 4. 7. Análisis de la varianza Turbidez.

F.V.	SC	GL	CM	F	P-valor
Tratamientos	9,19	3	3,06	0,38	0,7693
Error	96,75	12	8,06		
Total	105,94	15			

Fuente: Elaborado por el autor

Se determinó mediante la prueba estadística, análisis de varianza ANOVA que los tratamientos no presentan diferencias significativas entre sí, es decir hay homogeneidad entre ellos, puesto que el resultado de P-valor fue mayor a 0,05.

Sus medias son estadísticamente iguales, razón por la cual pueden ser tomados cualquiera de los tratamientos, si la variable de análisis es la turbidez.

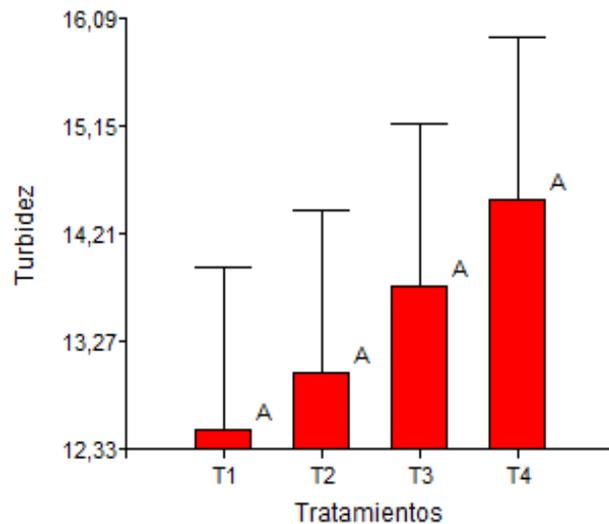


Gráfico 4. 3. Medias de tratamientos de Turbidez.

Mera et al. (2016) mencionan que se necesita una menor cantidad de coagulante de la semilla para lograr una eficiencia de remoción superior de turbidez, ya que una sobredosificación del polielectrolito puede causar un efecto negativo en el proceso fisicoquímico de coagulación-floculación, afectando el tamaño del flóculo (p.100), en tanto que Caldera et al., (2009) afirman que el quitosano como coagulante durante el tratamiento de aguas es eficiente para remover la turbidez con valores de rango alto donde se disminuyó el porcentaje desde 140,00 NTU hasta 13,00 NTU respectivamente, obteniéndose remociones de 90,71% y 73,81% (p.547).

4.3.4. pH

En el cuadro 4.8 se indica los resultados obtenidos en la variación del pH, aplicando cada uno de los polímeros con sus respectivas dosificaciones en el agua residual.

Cuadro 4. 8. Caracterización del pH del agua.

Tratamiento	Repeticiones	pH inicial	Variación del pH	Promedio de variación
T1	R ₁	7,5	7,2	7,3
	R ₂	7,5	7,7	
	R ₃	7,5	7,4	
	R ₄	7,5	7,2	
T2	R ₁	7,5	7,9	7,6
	R ₂	7,5	7,7	
	R ₃	7,5	7,8	
	R ₄	7,5	7,2	
T3	R ₁	7,5	7,4	7,4
	R ₂	7,5	7,2	
	R ₃	7,5	7,7	
	R ₄	7,5	7,6	
T4	R ₁	7,5	7,9	7,7
	R ₂	7,5	7,8	
	R ₃	7,5	7,9	
	R ₄	7,5	7,4	

Fuente: Elaborado por el autor

En el cuadro 4.8 se indica los resultados obtenidos en la variación del pH, aplicando cada uno de los polímeros con sus respectivas dosificaciones. El tratamiento con mayor variación fue el T₄ (4 g+ 2 ml) con un 7,7 seguido del T₂ (4g+ 4ml) con un 7,6, T₁ (2g+ 2ml) con un 7,3 y por último el tratamiento T₃ (2g+2ml) 7,4.

En el cuadro 4. 9 se indica el análisis de varianza del pH del agua residual que se aplicó a cada uno de los tratamientos para medir el nivel de significancia de cada uno de ellos.

Cuadro 4. 9. Análisis de la varianza del pH.

F.V.	SC	GL	CM	F	P-valor
Tratamientos	0,35	3	0,12	1,87	0,1889
Error	0,76	12	0,06		
Total	1,11	15			

Fuente: Elaborado por el autor

Se determinó estadísticamente que no existe diferencia significativa entre los cuatro tratamientos, puesto que el P-valor del ANOVA fue mayor a 0,05; sus

medias son estadísticamente iguales, razón por la cual pueden ser tomados cualquiera, de los tratamientos, si la variable de análisis es el pH.

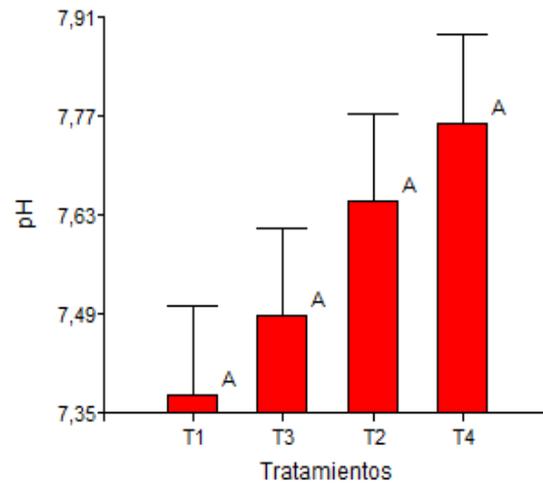


Gráfico 4. 4. Medias de los tratamientos de pH.

Sin embargo, Arias et al.,(2017) afirman que a pesar de que la *Moringa oleífera* no modifica el pH después del test de jarras, si mejora su capacidad de remover color y turbidez a pH alcalinos (p.35). Los mismos autores manifiestan que uno de los aspectos importantes que tiene la semilla de moringa como sustancia coagulante es que se puede aplicar directamente en una planta de tratamiento de agua residual, sin necesidad de corregir o ajustar la variación de pH del agua durante el proceso de coagulación/floculación (p.38). En concordancia con Caldera et al., (2009) concluye que el quitosano funciona efectivamente como coagulante a rangos de pH superiores a 5,25 unidades (p.545).

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Las caracterizaciones iniciales obtenidas del agua residual del centro de faenamiento demostraron que los valores de los sólidos suspendidos superaron los límites permisibles establecidos en el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA).
- El polielectrolito de la semilla de moringa (*M. oleífera*) junto con el quitosano resultaron ser un buen coagulante en las variables color y turbidez, obteniendo remociones de hasta 26% y 83% respectivamente, demostrando que el tratamiento que redujo con mayor eficiencia fue el T2 con dosificaciones de 4 g y 4 ml.
- Las variables restantes indicaron que no hubo diferencia significativa en cada uno de sus tratamientos después de la aplicación de los polímeros, con lo que se rechaza la hipótesis planteada en la investigación.

5.2. RECOMENDACIONES

- Promover el uso de polímeros ya que estos tienen buenos porcentajes de remoción en varios parámetros físicos del agua residual y a diferencia de los coagulantes convencionales como el sulfato de aluminio estos no repercuten negativamente en la salud humana.
- Seguir correctamente el proceso de la obtención del polielectrolito de moringa y quitosano para obtener mayores porcentajes de eficiencia de remoción al momento de aplicar a las aguas residuales.
- De acuerdo a los resultados obtenidos después de haber aplicado cada uno de los polímeros se demuestra que en este tipo de aguas se puede realizar actividades con fines de uso agrícola puesto que los valores de pH y turbidez están dentro del rango permisible del TULSMA.

BIBLIOGRAFÍA

- Acebo, D. y Hernández, A. (2013). Los métodos Turbidimétricos y sus aplicaciones en las ciencias de la vida. *Ciencias Biológicas*, 44(1). P. 10. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181226886003.pdf>
- Aguilar, M; Sáez, J; Lloréns, M; Soler, A. Ortuño, J. (2002). *Tratamiento físico-químico de aguas residuales: coagulación-floculación*. Murcia, España: Universidad de Murcia. Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=8vIQBXPvhAUC&pg=PA89&dq=tipos+de+floculaci%C3%B3n&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjN0LyHu9fgAhWt1FkKHciSAQE6AEIRTAG#v=onepage&q=tipos%20de%20floculaci%C3%B3n&f=false>
- Aguilar, M; Sáez, J; Lloréns, M; Soler, A. Ortuño, J. (2002). *Tratamiento físico-químico de aguas residuales: Tipos de coagulantes*. Murcia, España: Universidad de Murcia. Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=8vIQBXPvhAUC&pg=PA89&dq=tipos+de+floculaci%C3%B3n&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjN0LyHu9fgAhWt1FkKHciSAQE6AEIRTAG#v=onepage&q=tipos%20de%20floculaci%C3%B3n&f=false>
- Aguirre, S; Piraneque, N. y Cruz, R. (2010). Sustancias Naturales: Alternativa para el Tratamiento de Agua del Río Magdalena en Palermo, Colombia. *Información Tecnológica*, 29(3). Recuperado de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v29n3/0718-0764-infotec-29-03-00059.pdf> pagina 62.
- Argandoña, L. y Macías, R. (2013). *Determinación de sólidos totales, suspendidos, sedimentados y volátiles, en el efluente de las lagunas de oxidación situadas en la parroquia colón, cantón Portoviejo, provincia de Manabí, durante el período de marzo a septiembre 2013*. (Tesis de Ingeniería Química). Universidad Técnica de Manabí. Recuperado de <http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/137/1/DETERMINACION%20DE%20SOLIDOS%20TOTALES%2C%20SUSPENDIDOS%2C%20SEDIMENTADOS%20Y%20VOLATILES.pdf>
- Arias, A; Hernández, J; Castro, A. Y Sánchez, N. (2017). Tratamiento de aguas residuales de una Central de Sacrificio: uso del polvo de la semilla de la m. Oleífera como coagulante natural. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, (1). P. 37. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v15nspe/v15nspea04.pdf>
- Billmeyer, F. (2004). *Ciencia de los polímeros*. Barcelona, España: Reverté, S.A. Recuperado de https://books.google.com.ec/books?id=vL9QrpOKsQcC&pg=PA10&dq=polimeros+naturales&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwilpdnKn_3fAhXk01kKHVdzDHUQ6AEILTAB#v=onepage&q=polimeros%20naturales&f=false

- Bruhns, E. (2011). *Moringa oleífera, el árbol del maravilloso del ajurveda*. Mentalo book. Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=i-eBBgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=moringa&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjF7prgrv3fAhXpV98KHUyGDQAQ6AEIKjAA#v=onepage&q=moringa&f=false>
- Caldera, Y; Clavel, N; Briceño, D; Nava, A; Gutiérrez, E. y Mármol, Z. (2009). Quitosano como coagulante durante el tratamiento de aguas de producción de petróleo. *Boletín del centro de investigaciones biológicas*, 43(4). P. 545. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/f564/4ab47d994babd0ec0af59be36d6b1fc17e5d.pdf>
- Campos, I. (2003). *Saneamiento ambiental. Temperatura*. San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia. Recuperado de https://books.google.com.ec/books?id=lsgrGBGIGeMC&pg=PA49&dq=solidos+suspendidos&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjv2-3z9_3fAhXtYN8KHcu1AUEQ6AEIKDAA#v=onepage&q=solidos%20suspendidos&f=false
- Cárdenas, A (2000). *Tratamiento del agua: coagulación floculación. En Evaluación de plantas y desarrollo tecnológico*. Recuperado de http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154
- Cárdenas, Y. (2000). *Tratamiento de agua coagulación y floculación*. Recuperado de http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154
- Carpio, N. y Vidalón, M. (2016). *Evaluación tecnológica para la inhibición de la acción corrosiva en el agua potable utilizando parámetros de control y seguridad*. (Tesis de Ingenieros Químicos). Universidad Nacional de San Agustín Arequipa. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3226/IQvibems01.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carpio, P. (2014). *Análisis in vitro de la capacidad de remoción de materia orgánica de agua residuales procedentes de la matanza y Faenamiento de ganado, mediante la utilización de quitosano*. (Tesis de Ingeniería ambiental). Universidad Politécnica Salesiana sede en Cuenca. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6701/1/UPS-CT003357.pdf>
- De Vargas L. (2004). *Criterios para la selección de los procesos y de los parámetros óptimos de las unidades. En Tratamiento de agua para consumo humano: Plantas de filtración rápida*. Recuperado de http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manuall/tomol/ma1_tomo1_indice.pdf

- Demera, C. y Pacheco, K. (2015). *Análisis de la utilización de materiales alternativos en la remoción de sólidos totales presentes en el agua cruda. (Tesis de Ingeniería Civil). Escuela Superior Politécnica del Litoral.* Recuperado de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/30619/D-70099.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>
- Feria, J; Bermúdez, S. y Estrada, A. (2014). Eficiencia de la semilla Moringa Oleífera como coagulante natural para la remoción de la turbidez del río Sinú. Caldas, Antioquia, COL. *Producción + Limpia*, 9(1). p 5. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-04552014000100001&script=sci_abstract&tlng=es
- Fibras y Normas de Colombia S.A.S. (2019). Coagulación y floculación: definición, tipos y factores. Recuperado de https://www.fibrasynormasdecolombia.com/terminos-definiciones/coagulacion-floculaciondefinicion/#Influencia_del_Potencial_de_Hidrogeno_pH
- Fuentes, L; Contreras, W; Perozo, R; Mendoza, I. y Villlegas, Z. (2015). Uso del quitosano obtenido de *Litopenaeus schmitzi* en el tratamiento de agua para consumo humano. *Punto fijo, VEN. Multicencias*, 8. P. 283. Recuperado de www.redalyc.org/pdf/904/90411691041.pdf
- Fúquene, D. y Yate, A. (2018). Ensayo de jarras para el control del proceso de coagulación en el tratamiento de aguas residuales industriales. *Working papers – ECAPMA*, 2(1). p.6. Recuperado de http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:3dcy47_YtNMJ:hemeroteca.unad.edu.co/index.php/workpaper/article/download/2771/2857+&cd=11&hl=es&ct=clnk&gl=ec
- Galindo, X. (g2014). *Eficiencia de adsorción de CO2 de biopolímeros funcionalizados de quitosano como sistema de control de emisiones de gases de efecto invernadero.* (Tesis de Ingeniería Ambiental). Universidad Católica Andrés Bello Vicerrectorado Académico. Recuperado de <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAS8517.pdf>
- Gasol, J. y Alió, C. (2000). *Los colores del agua.* Recuperado de <http://www.icm.csic.es/bio/ftp/2000-10.pdf>
- Gómez, K. (2010). *Eficiencia del coagulante de la semilla de Moringa oleifera en el tratamiento de agua con baja turbidez.* Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/538/1/IAD-2010-T010.pdf>
- Gutiérrez, N; Valencia, E. y Aragón, R. (2014). Eficiencia de remoción de DBO5 y SS en sedimentador y lecho filtrante para el tratamiento de aguas residuales del beneficio de café (*Coffea Arabica*). *Colombia Forestal*, V, 17(2). Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v17n2/v17n2a03.pdf>

- Hernández, A. (2007). *Sólidos suspendidos totales en agua secados a 103 – 105 °c.* Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/S%C3%B3lidos+Suspendidos+Totales+en+aguas.pdf/f02b4c7f-5b8b-4b0a-803a-1958aac1179c>
- Jiménez, B. (2001). *La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada.* México, México: Editorial Limusa, S.A. Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=8MVxlyJGokIC&pg=PA208&dq=prueba+de+jarras+coagulacion+y+floculacion&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjX4-K6kf3fAhXF11kKHQnFBHQQ6AEILDAB#v=onepage&q=prueba%20de%20jarras%20coagulacion%20y%20floculacion&f=false>
- Lafuente, V. (2017). Referencias bibliográficas: indicadores para su evaluación en trabajos científicos. *Investigación Bibliotecológica*, 31(7). P. 152. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/ib/v31n71/2448-8321-ib-31-71-00151.pdf>
- Lara, L. (2011). *Las aguas residuales del camal municipal del cantón Baños y su incidencia en la contaminación del Río Pastaza en la provincia de Tungurahua.* (Tesis de Ingeniería Civil). Universidad Técnica de Ambato. Recuperado de <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/1611/1/Tesis%20587%20-%20Lara%20Villac%C3%ADs%20Ligia%20Elena.pdf>
- Lárez, C. (2006). Quitina y quitosano: materiales del pasado para el presente y el futuro. Mérida, VEN. *Avances en Química*, 1(2). p 17. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/933/93310204.pdf>
- Lédo, P; Lima, R; Paulo, J. y Duarte, M. (2009). Estudio Comparativo de Sulfato de Aluminio y Semillas de Moringa oleifera para la Depuración de Aguas con Baja Turbiedad. *Información Tecnológica*, 20(5). P.5. Recuperado de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v20n5/art02.pdf>
- Ley de Mataderos del Ecuador. (1966). *Faenamiento.* Recuperado de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu7016.pdf>
- Londoño, A; Giraldo, G; Gutiérrez, A. (2010). *Métodos analíticos para la evaluación de la calidad fisicoquímica del agua.* (Tesis de Ingeniería Químico). Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/49658/7/9789588280394.pdf>
- Lozano, W; Bravo, G. (2015). *Potabilización del agua: principios de diseño, control de procesos y laboratorio.* Bogotá, Colombia: Universidad Piloto de Colombia. Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=3uk0DwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=potabilizaci%C3%B3n+del+agua:+principios+de+dise%C3%B1o&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjF6MXOtNngAhULxVkkHZbMCK0Q6AEI>

JzAA#v=onepage&q=potabilizaci%C3%B3n%20del%20agua%3A%20principios%20de%20dise%C3%B1o&f=false

- Mafla, T. (2008). Funcionamiento del Camal Municipal de rastro, propuestas para el mejoramiento en la higiene y salubridad. Ibarra noviembre/2008. (Tesis de Tecnólogo en Saneamiento Ambiental). Universidad Técnica del Norte Facultad Ciencias de la Salud Escuela de Nutrición y Salud Comunitaria Tecnología en Saneamiento. Ambiental. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/3533/1/04%20TSA%20012%20TESIS.pdf>
- Maldonado, V. (s/f). Sedimentación. Recuperado de <http://www.ingenieroambiental.com/4014/siete.pdf>
- Marín, R. (2006). *Características Físicas, Químicas y Biológicas de las aguas*. Córdoba, España: Control de calidad y Medio Ambiente. Recuperado de http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:48101/componente48099.pdf
- Martín, C; Martín, G; García, A; Fernández, T; Hernández, H. y Puls, P. (2013). Potenciales aplicaciones de Moringa oleífera. Una revisión crítica. *Pastos y Forrajes*, 36(2). P. 145. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v36n2/pyf01213.pdf>
- Matas, J. (2000). *Libro Blanco del Agua*. La calidad de las aguas. Madrid, España: Ministerio de Medio Ambiente. Recuperado de https://www.chj.es/es-es/medioambiente/planificacionhidrologica/Documents/Plan%20de%20Recuperaci%C3%B3n%20del%20J%C3%BAcar/Cap.3_part2._Libro_blanco_del_agua.pdf
- Mejía, J. (2018). El nuevo régimen de vertimiento de aguas residuales tratadas en el Perú. Recuperado de <https://www.servindi.org/actualidad-noticias/13/07/2018/el-nuevo-regimen-de-vertimiento-de-aguas-residuales-tratadas-en-el>
- Melo, G. y Turriago, F. (2012). *Evaluación de la eficiencia de la utilización de semillas de moringa oleífera como una alternativa de biorremediación en la purificación de aguas superficiales del Caño Cola de Pato ubicado en el sector rural del municipio de Acacias*. (Tesis de Ingeniería Agroforestal). Universidad Nacional Abierta y a distancia – UNAD. Recuperado de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/1428/TESIS%20DE%20GRADO-EFICIENCIA%20UTILIZACION%20DE%20SEMILLAS%20DE%20MORINGA%20-%20BIORREMEDIACION.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mera, C; Gutiérrez, M; Montes, C. y Paz, C. (2016). Efecto de la Moringa oleífera en el tratamiento de aguas residuales. Cauca, COL.

- Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14. P. 37. Recuperado de www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v15nspe/v15nspea04.pdf
- Montesdeoca, H. y Mendoza, J. (2018). *Eficiencia de la semilla de moringa (Moringa oleífera) en la remoción de sólidos suspendidos totales en aguas*. (Tesis de Ingeniería Ambiental). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Recuperado de <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/808/1/TTMA6.pdf>
- Muñoz, D. (2005). Sistema de tratamiento de aguas residuales de matadero: para una población menor 2000 habitantes. *Facultad de Ciencias Agropecuarias* 88, 3(1). P. 95. Recuperado de <https://www.google.com/search?q=sistema+de+tratamiento+de+aguas+residuales+de+matadero%3a+para+una+poblaci%C3%93n+menor+2000+habitantes&oq=sistema+de+tratamiento+de+aguas+residuales+de+matadero%3a+para+una+poblaci%C3%93n+menor+2000+habitantes&aqs=chrome..69i57.342j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8#>
- Nieto, C. y Orellana, V. (2011). *Aplicación del quitosano como promotor de floculación para disminuir la carga contaminante*. (Tesis de Ingeniería Ambiental). Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1510/16/UPS-CT002068.pdf>
- Nieto, C. y Orellana, V. (2011). *Aplicación del quitosano como promotor de floculación para disminuir carga contaminante*. (Tesis Ingeniería Ambiental). Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1510/16/UPS-CT002068.pdf>
- OEFA (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental). (2017). *La fiscalización ambiental en aguas residuales*. Recuperado de https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
- Paredes, P. (2013). El uso de Moringa oleífera como material natural para el tratamiento del agua potable en países en vía de desarrollo. *Revista Científica YACHANA*, 2(2). P.245. Recuperado de <http://revistas.ulvr.edu.ec/index.php/yachana/article/view/63>
- Pérez, J, (s/f). *Sedimentación*. Recuperado de <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/scan/016322/016322-03.pdf>
- Ramalho, R. (2003). *Tratamiento de aguas residuales. Sedimentación del agua*. Canadá, Estados Unidos: Reverté S.A. Recuperado de https://books.google.com.ec/books?id=30etGjzPXyWC&pg=PA92&dq=sedimentaci%C3%B3n+del++agua&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiT74etg_3fAhWOjVkJHbBEBnkQ6AEIJzAA#v=onepage&q=sedimentaci%C3%B3n%20del%20%20agua&f=false

- Ramos, R; Sepúlveda, R; Villalobos, F. 2003. *El agua en el medio ambiente*. Mexicali, MX. Mexicali, México: Plaza y Valdés S. A. Recuperado de https://books.google.com.ec/books?id=b8l-xhcHPEYC&pg=PA44&dq=tipos+de+aguas+residuales&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiRidmB5c_IAhXlwVvKkHRTKC-sQ6AEIKDAA#v=onepage&q=tipos%20de%20aguas%20residuales&f=false
- Restrepo, H. 2001. *Evaluación del proceso de coagulación – floculación de una planta de tratamiento de agua potable*. Recuperado de http://www.bdigital.unal.edu.co/877/1/15372239_2009.pdf
- Rodríguez, A; Pérez. J. Alipio, O. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, (82). P. 10. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/206/20652069006.pdf>
- Rodríguez, H. (2017). Las aguas residuales y sus efectos contaminantes. Recuperado de <https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>
- Romero, J. (2009). *Calidad del agua*. Bogotá, Colombia: Alfaomega. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/274737765/Romero-Rojas-Jairo-Alberto-Potabilizacion-Del-Agua>
- Sánchez, O; Herzig, M; Peters, E; Márquez, R. y Zambrano, L. (2007). Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticas. México, México: Unidos para la conservación A.C. Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=uWlrkIx-r3oC&printsec=frontcover&dq=define+a+la+turbidez+como+una+medida+del+grado+en+el+cual+el+agua+pierde+su+transparencia+debido+a+la+presencia+de+part%C3%ADculas+en+suspensi%C3%B3n,+esta+aumenta+por+la+erosi%C3%B3n+de+las+orillas,+el+crecimiento+excesivo+de+algas+y+los+cambios+de+flujo+del+r%C3%ADo+as%C3%AD+como+tambi%C3%A9n+por+la+actividad+de+algunos+organismos+que+resuspenden+los+sedimentos+lo+que+provoca+una+disminuci%C3%B3n+fotosint%C3%A9tica+en+plantas+y+algas&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiZjsay3ITmAhUtzlkKHxFLACMQ6AEILzAB#v=onepage&q=turbidez&f=false>
- Serrano, A; García, L; León, I; García, E; Gil, B. y Ríos, L. (S/f). *Métodos de investigación de enfoque experimental*. Recuperado de <http://www.postgradoune.edu.pe/pdf/documentos-academicos/ciencias-de-la-educacion/10.pdf>
- Trujillo, D; Duque, L; Arcila J; Rincón, A; Pacheco, A. y Herrera, O. (2014). Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación/floculación usando almidón de plátano. *Universidad Católica*

de *Manizales*, 27(1) p.21. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rion/v27n1/v27n1a03.pdf>

- Valle, M. (2017). *Eficiencia de remoción de sólidos suspendidos mediante el uso de biopolímeros en agua turbia del estero salado*. (Tesis de Ingeniería Ambiental). Universidad de Guayaquil. Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/reduug/22573/1/TESIS%20DEL%20VALLE%20ALMEA%202017%2011%2006.pdf>
- Vera, K. y Zambrano, M. (2019). *Evaluación del polvo de moringa (m. Oleífera) para remoción de sólidos suspendidos totales en agua residual del camal municipal de Calceta*. (Tesis de Ingeniería Ambiental). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Recuperado de <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/996/1/TTMA42.pdf>
- Yazo, D. (2012). *Propuesta de mejoramiento para los sistemas de tratamiento de aguas residuales vía Puerto Posquito y Jerusalén del área urbana del municipio de Aguachica, Cesar*. (Tesis de Ingeniería Ambiental). Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. <http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/bitstream/123456789/869/1/27798.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS DEL AGUA RESIDUAL DEL CENTRO DE FAENAMIENTO



1-A. Recolección del agua residual



1-B. Medición de la turbidez



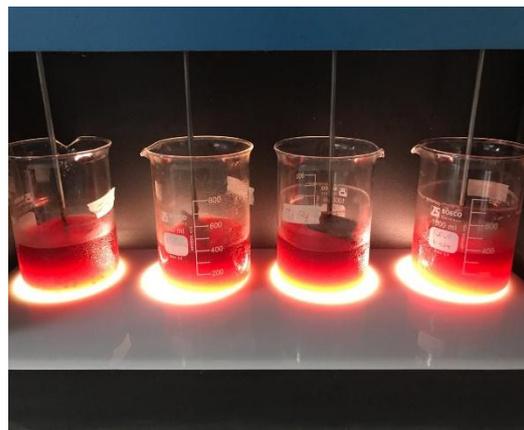
1-C. Medición del pH



1-D. Filtración al vacío.



1-E. Medición de color



1-F. Prueba de jarra

ANEXO 2. PROCESO PARA OBTENCIÓN DE POLIELECTROLITO DE LA SEMILLA DE LA MORINGA (*M. OLEÍFERA*)



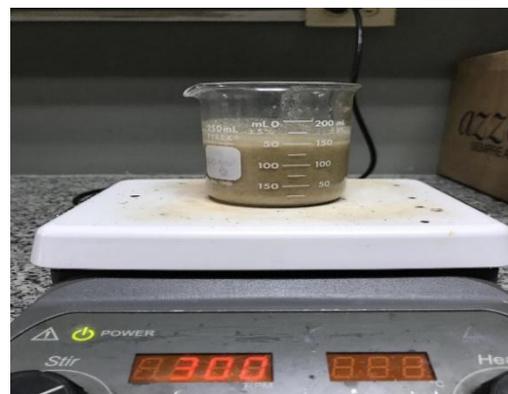
2-A. Semilla de la Moringa



2-B. Trituración de la semilla



2-C. Tamizado del polvo de la semilla



2-D. Agitación de la muestra



2-E. Extracción del aceite de la semilla

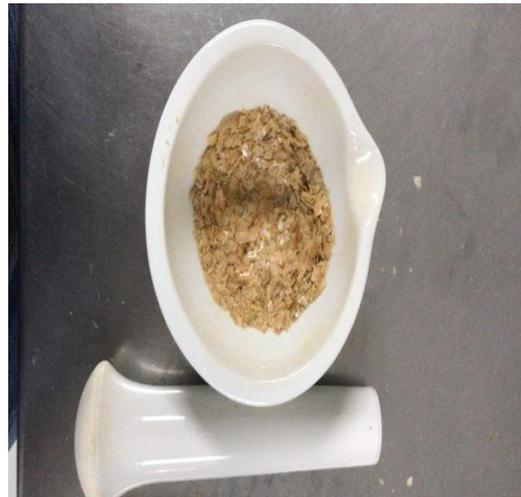


2-F. Obtención del polielectrolito

ANEXO 3. PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DEL QUITOSANO



3-A. Cáscara del camaron



3-B. Trituración de la cáscara



3-C. Tamizado del polvo del camarón



3-D. Solución de hidróxido de sodio



3-E. Agitación de la solución



3-F. Filtración al vacío



3-G. Secado de la quitina



3-H. Quitosano obtenido

ANEXO 4: TABLA DE RESULTADOS OBTENDIOS LUEGO DE APLICACIÓN POLIMEROS

Tratamientos	Réplicas	pH	Tratamientos	Réplicas	Turbidez	Tratamientos	Réplicas	Sólidos suspendidos	Tratamientos	Réplicas	Color
T1	R1	7,45	T1	R1	6	T1	R1	97	T1	R1	296
T1	R2	7,27	T1	R2	15	T1	R2	60	T1	R2	320
T1	R3	7,53	T1	R3	14	T1	R3	59	T1	R3	350
T1	R4	7,33	T1	R4	15	T1	R4	60	T1	R4	372
T2	R1	7,25	T2	R1	13	T2	R1	43	T2	R1	280
T2	R2	7,47	T2	R2	13	T2	R2	66	T2	R2	310
T2	R3	7,47	T2	R3	14	T2	R3	46	T2	R3	297
T2	R4	7,25	T2	R4	12	T2	R4	66	T2	R4	306
T3	R1	7,68	T3	R1	15	T3	R1	80	T3	R1	317
T3	R2	7,70	T3	R2	13	T3	R2	82	T3	R2	410
T3	R3	7,70	T3	R3	13	T3	R3	70	T3	R3	350
T3	R4	7,65	T3	R4	14	T3	R4	68	T3	R4	370
T4	R1	7,35	T4	R1	14	T4	R1	75	T4	R1	435
T4	R2	7,38	T4	R2	10	T4	R2	80	T4	R2	450
T4	R3	7,38	T4	R3	16	T4	R3	90	T4	R3	470
T4	R4	7,45	T4	R4	18	T4	R4	75	T4	R4	440