



**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:
“POLIELECTROLITO CATIÓNICO DE MORINGA (*Moringa oleífera*)
EN LA REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES EN
AGUAS RESIDUALES DE LA ESPAM-MFL”**

**AUTORES:
ANDRÉS ELOY FALCONÍ CALDERÓN
JACINTO FERNANDO VINCES MIELES**

**TUTORA:
ING. TERESA VIVAS SALTOS, M.Sc.**

CALCETA, ABRIL 2019

DERECHOS DE AUTORÍA

Andrés Eloy Falconi Calderón y Jacinto Fernando Vincés Mieles, 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.

ANDRÉS E. FALCONI CALDERÓN

JACINTO F. VINCÉS MIELES

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

Ing. Teresa Vivas Saltos, M.Sc., certifica haber tutelado el proyecto **POLIELECTROLITO CATIÓNICO DE LA MORINGA (*Moringa oleífera*) EN LA REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES EN AGUAS RESIDUALES DE LA ESPAM-MFL**, 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.

ING. TERESA VIVAS SALTOS, M.Sc.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de titulación **POLIELECTROLITO CATIÓNICO DE LA MORINGA (*Moringa oleífera*) EN LA REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES EN AGUAS RESIDUALES DE LA ESPAM-MFL**, que ha sido propuesto, desarrollado por **ANDRÉS ELOY FALCONI CALDERÓN** y **JACINTO FERNANDO VINCES MIELES**, 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. Hugo Cobeña Navarrete, M.Sc.

MIEMBRO

Ing. Fabricio Alcívar Intriago, M.Sc.

MIEMBRO

Ing. Silvia Lorena Montero Cedeño, M.Sc.

PRESIDENTE

AGRADECIMIENTO

A Dios, nuestro padre celestial, por darnos la oportunidad de cumplir con la propuesta y permitirnos culminar esta etapa tan importante de nuestras vidas.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López por brindarnos una educación superior de calidad con la cual estamos forjando nuestros conocimientos profesionales día a día.

A nuestras familias y en especial a nuestros queridos padres por darnos la motivación y el empuje necesario para seguir luchando en cada paso de nuestro proceso educativo y por ser el pilar fundamental.

Agradecemos a todos y cada uno de los docentes, con quienes tuvimos la oportunidad de compartir conocimientos y experiencias que nos permitieron culminar esta etapa tan importante y en especial a nuestra tutora por brindarnos sus conocimientos y apoyo para realizar correctamente la ejecución de las actividades propuestas.

A nuestra tutora la Ing. Teresa Vivas Saltos quien nos orientó y nos proporcionó sus plenos conocimientos adquiridos, gracias a su tiempo y enseñanza pudimos desarrollar las capacidades y aptitudes necesarias para el desarrollo de este proyecto.

A cada uno de nuestros compañeros y amigos que nos ofrecieron su amistad incondicional, por ser la base que permitió el avance de nuestros estudios y por ser quienes de una u otra forma alegraron cada día vivido en las aulas de clase.

LOS AUTORES

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se la dedico:

Primeramente, a Dios, por haberme permitido llegar a este momento tan importante en mi formación profesional.

A mis padres Fernando Falconi y Virginia Calderón quienes con un inmenso trabajo y sacrificio han logrado que obtenga ésta meta, por ser siempre quienes me guían por el camino del bien ya que me han brindado un apoyo incondicional en todos los objetivos propuestos.

A mi pareja Guadalupe Domínguez quien por siempre brindarme su apoyo en los momentos más difíciles.

ANDRÉS ELOY FALCONÍ CALDERÓN

DEDICATORIA

Al creador de todas las cosas por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida.

A mi madre Jovita Bolaños, que con su demostración de madre ejemplar me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos para seguir siempre hacia delante, a pesar de los obstáculos que se presentan a diario y así poder alcanzar el éxito.

A mis familiares por sus palabras de aliento, sobre todo a mi tía María Eugenia Mieles por la confianza que me ofreció gracias por ser parte de la gran meta anhelada.

A mi pareja Dayana Aguayo por su apoyo incondicional y estar siempre en los momentos difíciles

JACINTO FERNANDO VINCES MIELES

CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
CONTENIDO GENERAL.....	viii
CONTENIDO DE CUADROS, GRÁFICOS Y ECUACIONES	x
RESUMEN	xi
PALABRAS CLAVE.....	xi
ABSTRACT	xii
KEY WORDS	xii
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema	1
1.2. Justificación.....	3
1.3. Objetivos	5
1.3.1. Objetivo general.....	5
1.3.2. Objetivos específicos.....	5
1.4. Hipótesis	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. El agua.....	6
2.2. Aguas residuales.....	7
2.2.1. Aguas residuales domésticas	7
2.2.2. Aguas residuales agrícolas.....	8
2.2.3. Aguas residuales industriales	8
2.3. Plantas de tratamiento de aguas residuales	8
2.4. Coagulación	9
2.5. Floculación	10
2.6. Sedimentación	10
2.7. Sólidos	11
2.8. Turbidez	12
2.9. Color.....	12
2.10. Remoción de sólidos.....	13
2.10.1. Eficiencia de remoción	13
2.11. Análisis gravimétricos	14
2.12. Coagulantes naturales	15

2.13.	Impactos negativos de los coagulantes sintéticos	15
2.14.	Poliectrolito catiónico.....	16
2.15.	Planta moringa.....	17
2.15.1.	Semilla de la moringa como coagulante	17
2.16.	Norma nte inen 2169:2013.....	17
2.17.	Estudios realizados sobre la eficiencia de remoción del polielectrolito catiónico de la <i>moringa oleifera</i>	18
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO		19
3.1.	Ubicación	19
3.2.	Duración.....	19
3.3.	Métodos y técnicas.....	19
3.3.1.	Métodos.....	19
3.3.2.	Técnicas	20
3.4.	Factor en estudio	20
3.5.	Tratamientos	20
3.6.	Diseño experimental.....	21
3.7.	Unidad experimental	22
3.8.	Variables a medir	22
3.8.1.	Variable independiente	22
3.8.2.	Variable dependiente.....	22
3.9.	Análisis estadístico.....	22
3.10.	Manejo del experimento.....	23
	Fase 1: determinar el porcentaje de remoción de sólidos suspendidos totales del agua residual de la espam-mfl	23
	Fase 2: determinar la dosis óptima	25
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		27
4.1.	Sólidos suspendidos totales.....	27
4.2.	Turbidez	29
4.3.	Color.....	31
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		33
5.1.	Conclusiones.....	33
5.2.	Recomendaciones.....	33
BIBLIOGRAFÍA		34
ANEXOS		39

CONTENIDO DE CUADROS, GRÁFICOS Y ECUACIONES

CUADRO

3.1. Tratamientos empleados en la investigación.....	21
3.2. Generalidades del diseño del experimental.....	21
3.3. Descripción de las unidades experimentales	22
3.4. Fuentes de interés del ANOVA del DCA.	23
3.5. Análisis de agua residual.....	24
4.1. ANOVA de los resultados de la variable SST.....	27
4.2. ANOVA de los resultados de la variable SST.....	27
4.3. ANOVA de los resultados de la variable turbidez.....	29
4.4. Resultados del experimento por la variable turbidez.....	29
4.5. ANOVA de los resultados de la variable de color.....	31
4.6. Resultados del experimento por la variable color.....	31

GRÁFICOS

4.1. Categorización mediante la prueba de media de la variable SST.....	28
4.2. Categorización mediante la prueba de medida de la Variable turbidez.....	30
4.3. Categorización mediante la prueba de media de la variable de color.	32

ECUACIONES

2.1. Porcentaje de eficiencia de remoción.....	13
2.2. Sólidos Suspendidos Totales.	14

RESUMEN

La investigación se desarrolló en el laboratorio del área Agroindustrial de la ESPAM MFL, teniendo como propósito: evaluar la eficiencia del polielectrolito catiónico de la moringa en la remoción de los sólidos suspendidos. El experimento fue conducido bajo los delineamientos del diseño completamente al azar en un arreglo unifactorial, donde se planteó cuatro tratamientos, estando conformado por el coagulante polielectrolito de moringa con dosis de 1, 2 y 4 ml y como testigo el sulfato de aluminio (0,5 g), cada uno de ellos con 3 réplicas. Las variables analizadas en la investigación son: SST (método gravimétrico), color y turbidez (colorímetro), para lo cual se tomó una muestra de 6000 ml. El resultado inicial de SST fue 120 mg/l obteniendo como mejor tratamiento T2 (2 ml) con el 89 % de remoción, la turbidez presento niveles de 43,52 FAU y como mejor tratamiento T1 (1 ml) con 28% y para la variable de color el resultado inicial fue de 456 Pt/Co y como mejor tratamiento T1 (1 ml) con 15,33 %. Por lo que se evidencia que el tratamiento a base de moringa es un buen coagulante para la remoción de SST en aguas residuales y se puede utilizar las diferentes dosificaciones proyectadas en el estudio, por lo que se acepta la hipótesis planteada en esta investigación.

PALABRAS CLAVE

Coagulante, moringa, remoción.

ABSTRACT

The research is related in the laboratory of the Agroindustrial area of the ESPAM MFL, with the purpose of: evaluating the efficiency of the cationic polyelectrolyte of moringa in the removal of suspended solids. The experiment was conducted under the completely randomized design patterns in a unifactorial arrangement, where four treatments were proposed, it was formed by the moringa polyelectrolyte with doses of 1, 2 and 4 ml and as a control the aluminum sulphate, each of them with three replicas. The variables analyzed in the research are: color, turbidity and SST, for what was seen in a 9000 ml sample, it is kept in a clean container at a temperature below 0 ° C and 4 ° C. results have been taken into account that the T2 treatment with 89%, regarding the turbidity variable, the T1 treatment was the one that stood out with 28% and for the variable color, the T1 treatment was the most efficient with 15.33 %. What you see Morarale-based treatment is a good coagulant for the removal of SST in wastewater and you can use the different dosages projected in the study, so the hypothesis proposed in this research is accepted.

KEY WORDS

Coagulant, moringa, removal

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En el actual siglo de innumerables adelantos científicos y tecnológicos, la contaminación de cuerpos de agua por continuas descargas de residuos sigue siendo un desafío (Vilabrille, 2012). Estas descargas provocan efectos dañinos en la salud humana, contribuyen de manera significativa a la degradación del medio ambiente ya sea por problemas estéticos, olor, sedimentación, daño o muerte de los factores bióticos acuáticos, de esto se deriva, la gran importancia de un aprovechamiento integral de este recurso y la preservación de su calidad para su utilización (Arias, Hernández, Cartro, y Sánchez, 2017).

Uno de los componentes del agua residual son los sólidos suspendidos principalmente de naturaleza orgánica; están formados por algunos de los materiales más problemáticos. La mayor parte de estos sólidos son desechos humanos, desperdicios de alimentos, papel, trapos y células biológicas que forman una masa en el agua (Argandoña y Macías , 2013).

En países en desarrollo como lo es Ecuador, un 70% de aguas residuales se descargan sin tratamiento a cuerpos de agua y aproximadamente dos millones de toneladas de residuos son desechados de igual forma en ríos o canales (Corcorán *et al.* 2012).

En Manabí a la actualidad, la generación de aguas residuales es la consecuencia de actividades industriales, domésticos y agrícolas de los cuales se desconocen datos precisos sobre la remediación de efluentes, aunque la contaminación es latente en los ríos de Manabí (Telégrafo, 2014). Dicha contaminación es generada principalmente por las descargas de efluentes que no reciben un tratamiento adecuado dado que en la mayoría de los casos se necesitan sistemas de tratamiento eficientes para el manejo de las mismas, que requieren inversiones

sustanciales de capital que las comunidades no están en capacidad de pagar (Sandoval y Peña , 2007).

En un informe del Laboratorio de Química Ambiental de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López (2011), señala que la planta de tratamiento de aguas residuales de la institución no está funcionando con niveles de eficiencia propicios, y que también no se cuenta con registros de datos relacionados con el monitoreo de las aguas del efluente obtenidas después de sus procesos de tratamiento.

Según Manzano, (2017), los estudios sobre *Moringa oleífera* se centran en el tratamiento de agua residuales, pues el extracto de la semilla tiene un polielectrolito catiónico, buen potabilizador que actúa como coagulante y mejora la turbiedad y los microorganismos que pueda contener el agua producto de la contaminación. Es una alternativa al uso de químicos y tendría una gran aplicación en las comunidades rurales, un proyecto piloto ejecutado en 1992 en una planta de tratamiento de agua en la región de Nsanje en Malawi, produjo resultados comparables en ciertos aspectos más ventajosos que los del alumbre potásico ($KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$).

Debido a la necesidad de un tratamiento eficiente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ESPAM y a los problemas ambientales ocasionados por el inadecuado funcionamiento y destino final que tienen estas aguas que ocasionalmente son destinadas para el riego de cultivo y para bebedero de ganado, situación que ocasiona un sinnúmero de problemas tal y como se reglamenta en el Libro VI, Anexo 1 del TULSMA (2015) en el que se prohíbe el uso de aguas servidas para riego ya que esto conlleva a la contaminación de aguas subterráneas. Por la actual problemática se plantea la siguiente pregunta:

¿Cuál es la eficiencia del polielectrolito catiónico de la moringa (*Moringa oleífera*) en la remoción de sólidos suspendidos totales del agua residual de la PTAR de la ESPAM-MFL”?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Rincón (2011) citado por Acurio y Arciniegas (2015) menciona que el recurso natural agua es de vital importancia para la humanidad, ya que constituye uno de los elementos más indispensables para el desarrollo de la vida en la Tierra, es por esta razón que en la actualidad se buscan mecanismos que ayuden a mantener, cuidar y preservar este recurso. El agua es requerida para todas las actividades que realiza el ser humano pero en ocasiones no se le brinda el tratamiento para su conservación.

La Constitución de la República del Ecuador (2008) establece en su Art. 276 título VI del régimen de desarrollo donde en su numeral cuatro que: “Se debe recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades al acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural”. De acuerdo con el objetivo 3 del Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021, Toda una Vida, que tiene como meta garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones.

Las semillas de Moringa oleífera (*Moringa Oleífera*) en diversas formas ya sea extraídas (en polvo) o purificadas (mezcladas con agua destilada) han probado ser eficaz en remover material suspendido (materia orgánica) (Marquetotti *et al.* 2010). Desde tiempos antiguos se han utilizado elementos naturales para la remoción de turbidez de las aguas para consumo humano. Las mujeres en Sudán, África, usan la semilla de la Moringa para remover turbiedad del agua para consumo (Paredes, 2013).

Con el presente trabajo se pretende brindar una alternativa que tenga características sostenibles y amigables con el ambiente y a su vez soluciones económicamente viables y ambientalmente seguras en el tratamiento de las aguas residuales que se disponen en la Planta de Tratamiento de Agua Residual de la

ESPAM MFL para de esta manera asegurar un adecuado manejo de este recurso después de su utilización en las diferentes actividades que realiza esta institución. Por tal razón la finalidad de este proyecto es evaluar el efecto coagulante del polielectrolito catiónico de la moringa (*Moringa oleífera*) como alternativa de manejo de aguas residuales de la ESPAM MFL, además de la importancia ambiental del mismo ya que podría sustituir a los químicos que se utilizan comúnmente.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la eficiencia del polielectrolito catiónico de la Moringa (*Moringa oleífera*) en la remoción de los sólidos suspendidos totales en aguas residuales de la ESPAM MFL.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el porcentaje de remoción de sólidos suspendidos totales del agua residual de la ESPAM-MFL.
- Determinar la dosis óptima del polielectrolito catiónico de la Moringa oleífera.

1.4. HIPÓTESIS

El polielectrolito catiónico de la moringa (*Moringa oleífera*) será eficiente en la remoción de sólidos suspendidos totales en el tratamiento de aguas residuales de la Planta de tratamiento de la ESPAM MFL.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. EL AGUA

Es el elemento natural más abundante de la tierra, ocupando más de dos tercios de la superficie terrestre. También está presente en grandes cantidades en nuestro cuerpo (más del 70% está formado por agua) y en las plantas, donde puede llegar en algunos casos a alcanzar un porcentaje del 99%. Es un compuesto con particularidades únicas, de gran importancia para la subsistencia, el más abundante en la naturaleza y definitivo en procesos químicos y biológicos que gobiernan el medio natural (García, *et al*, 2001).

Según Lepe (2002) puede hallar el agua en varios estados físicos: sólido, líquido y gaseoso. Cada uno de estos nos afecta directamente de distintas formas. Así, los océanos (en estado líquido) adquieren gran dominio en el balance energético del planeta y en los patrones climáticos. Además, la salinidad junto con otras propiedades forma un medio atractivo para algunos seres vivos como los peces. El ecosistema marino más accesible es la zona costera, que soporta mareas, oleajes y corrientes que afectan a los distintos tipos de vida.

El agua pura es un líquido sin color, olor ni sabor, pero casi nunca se encuentra de esta forma en la naturaleza, ya que puede disolver una gran variedad de sustancias sólidas, líquidas y gaseosas. Las características polares de la molécula tienen que ver con su capacidad de actuar como disolvente, principalmente de las sustancias polares y las que se disocian en iones, como la sal común, el bicarbonato, el alcohol, el vinagre y la cal. El agua también disuelve otros líquidos, como el alcohol etílico, el vinagre y la acetona; asimismo disuelve gases, como el oxígeno que respiran los organismos acuáticos (Manzur y Cardoso, 2015).

2.2. AGUAS RESIDUALES

Son aquellas aguas de composición variada provenientes de las descargas de los diferentes usos como domésticas, industriales, comerciales, agrícolas, pecuarias entre otras, que por tal motivo haya sufrido degradación en su calidad original (TULSMA, 2015). La mayoría de esas aguas es descargada en los ríos, lagos, mares, suelos, o en el subsuelo, a través de los llamados pozos sépticos y rellenos sanitarios. En las últimas décadas el mundo ha venido mostrando preocupación y está tratando de resolver los problemas relacionados con la disposición de los efluentes líquidos provenientes del uso doméstico, comercial e industrial de las aguas de abastecimiento (Rodríguez, 2017).

Con el incremento de la industrialización en los llamados países en vías de desarrollo, la contaminación de los cuerpos de agua, por parte de los denominados metales pesados (plomo, mercurio, cromo, cadmio, cobre, hierro, etc.), se ha visto notablemente aumentada, ya que por lo general, en los países “tercermundistas”, las industrias no han implementado un diseño adecuado para el tratamiento de sus aguas residuales, ya sea por ignorancia o por los elevados costos, siendo este último el elemento que, en la mayoría de los casos, sirve como factor determinante para tomar la decisión final (Marín *et al.*, 2015).

2.2.1. AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

Se denominan aguas residuales domésticas en general por haber sido utilizadas en procesos de transformación y/o limpieza, estas aguas constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo, en muchas ocasiones están formadas por todas aquellas aguas que son conducidas por el alcantarillado e incluyen, a veces las aguas de lluvia y las infiltraciones del terreno, estas aguas residuales presentan composiciones muy variadas y son generadas principalmente por las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios,

domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general, de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas (Castañeda y Flores, 2014).

2.2.2. AGUAS RESIDUALES AGRÍCOLAS

Estas aguas están contaminadas por todos los pesticidas que se utilizan para eliminar las plagas que atacan los cultivos. Aunque no se utilizan en todo momento es importante tener el conocimiento de su uso porque son químicos que contaminan bastantes litros de agua y que causan problemas a la salud del ser humano (Pérez, Ordoñez y Hernández, 2016).

2.2.3. AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

Proceden de cualquier actividad industrial en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación de un producto, incluyéndose los líquidos residuales, aguas de proceso y aguas de drenaje. Las aguas residuales industriales contienen casi todos los tipos de contaminantes (minerales, orgánicas, térmicos por las aguas de refrigeración). Estas aguas se vierten a ríos y mares tras una depuración parcial (Herrera y Corpas, 2013).

2.3. PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) se plantean con el fin de lograr diferentes propósitos como resguardar la salud pública, salvaguardar el mejor uso del agua, preservar el suministro público del agua y proteger la vida acuática. Una laguna de estabilización es la forma más sencilla para el tratamiento de aguas residuales (AR) y consiste en una estructura simple para embalsar aguas servidas con el objeto de mejorar sus características sanitarias (Sánchez y Matsumoto, 2014)

Según Mara (2004), las lagunas de estabilización son prácticamente el más adecuado método para el tratamiento de AR domésticas y municipales en países en vías de desarrollo, donde el clima es más propicio para su operación. Estas

presentan alta eficiencia y funcionamiento completamente natural altamente sustentable; prácticamente solicitan bajos costos de inversión y poseen bajos costos de operación y mantenimiento; de igual manera, asimilan grandes diferenciaciones de caudal y realizan el tratamiento con eficiencias equivalentes a las logradas por los sistemas convencionales, produciendo un efluente altamente purificado con costos muy inferiores.

El tratamiento natural de las aguas residuales utiliza procesos biológicos, en particular cierto tipo de plantas presentes en humedales naturales que favorecen el crecimiento de microorganismos en su red reticular y sustrato, que contribuye a la remoción de contaminantes, los cuales son también formas de nutrientes esenciales para las mismas plantas y que son fácilmente absorbidos tales como; nitrato, amonio y fosfato, muchas especies de estas plantas son capaces de captar, e incluso acumular significativamente metales pesados, como cadmio y plomo (Castañeda y Flores, 2014).

2.4. COAGULACIÓN

Según Cogollo (2011). La coagulación se lleva a cabo generalmente con la adición de sales de aluminio y hierro. Este proceso es resultado de dos fenómenos:

- ✓ El primero, esencialmente químico, consiste en las reacciones del coagulante con el agua y la formación de especies hidrolizadas con carga positiva. Este proceso depende de la concentración del coagulante y el pH final de la mezcla.
- ✓ El segundo, fundamentalmente físico, consiste en el transporte de especies hidrolizadas para que hagan contacto con las impurezas del agua.

Este proceso es muy rápido, toma desde décimas de segundo hasta cerca de 100 segundos, de acuerdo con las demás características del agua: pH, temperatura, cantidad de partículas, entre otras. Luego, se necesitará una agitación lenta, con el

fin de que las partículas choquen entre sí, se aglomeren y formen lo que se llama flocos, estas pueden ser removidas con mayor eficiencia por los procesos de sedimentación, flotación o filtración rápida (Cogollo, 2011).

2.5. FLOCULACIÓN

La Floculación se utiliza frecuentemente en el tratamiento de aguas para la eliminación de impurezas coloidales, la Floculación se restringe a los anomalos de transferencia de las partículas coaguladas para inducir colisiones entre ellas originando su aglomeración (Hernández, Sandoval, y Contreras, 2013).

Según (SNF, 2006) los coagulantes cancelan las cargas eléctricas sobre la superficie del coloide permitiendo la aglomeración y la formación de flocos. Estos flocos inicialmente son pequeños, pero se juntan y forman aglomerados mayores capaces de sedimentar. Para favorecer la formación de aglomerados de mayor tamaño se adicionan un grupo de productos denominados floculantes. Cuando se aproximan dos partículas semejantes, sus capas difusas interactúan y generan una fuerza de repulsión, cuyo potencial de repulsión está en función de la distancia que los separa y cae rápidamente con el incremento de iones de carga opuesta al de las partículas. Esto se consigue sólo con los iones del coagulante (SNF, 2006).

2.6. SEDIMENTACIÓN

Según Pérez (2005) la sedimentación es el proceso natural por el cual las partículas más pesadas que se encuentran suspendidas en el agua, son removidas por la acción de la gravedad. Las mismas que pueden encontrarse según tres estados de suspensión en función al diámetro como se presenta a continuación:

- Suspensiones hasta diámetros de 10^{-4} cm.
- Coloides entre 10^{-4} y 10^{-6} cm.
- Soluciones para diámetros aún menores de 10^{-6} cm.

Según Oliva, Giacomani y Pérez (2008) existen dos tipos principales de sedimentación:

Sedimentación discreta: En ésta, las partículas no sufren cambios en sus características (forma, tamaño, densidad) durante la caída, además se presenta en suspensiones con bajas concentraciones de sólidos, cada una de las partículas se comporta como entidades individuales y casi no hay interacción entre ellas (Oliva *et al.* 2008).

Sedimentación partículas floculantes: Ésta es producida por la aglomeración de partículas coloidales desestabilizadas a consecuencia de la aplicación de agentes químicos. A diferencia de las partículas discretas, las características de este tipo de partículas (forma, tamaño, densidad) sí cambian durante la caída. Este tipo de sedimentación ocurre cuando tenemos bajas concentraciones de partículas que son susceptibles de flocular (Oliva *et al.* 2008).

2.7. SÓLIDOS

La determinación de los sólidos en una muestra alcanza los términos: Sólidos totales, sólidos suspendidos, y sólidos disueltos que son:

Sólidos totales: Restante que queda posteriormente de la evaporación y el secado a una temperatura determinada. Los sólidos totales contienen el residuo retenido por un filtro (sólidos suspendidos) y el residuo que pasa a través del filtro (sólidos disueltos). El cálculo de la conductividad está directamente relacionado con los sólidos disueltos, y consigue ser usado como un panímetro para establecer el tamaño de la muestra (Giraldo, 2000) .

Sólidos fijos: Palabra aplicada al residuo de los sólidos totales, suspendidos o disueltos que resulta después de someter la "nuestra a ignición durante un tiempo explícito y una temperatura específica que generalmente es de 550°C La pérdida de peso se debe a los sólidos volátiles. Los sólidos suspendidos están constituidos por

la materia suspendida que es retenida sobre un filtro de fibra de vidrio, cuando se ha pasado una muestra de agua residual previamente agitada. Por esto la determinación de los sólidos suspendidos es de gran valor en el análisis de aguas contaminadas; siendo estimado como uno de los principales parámetros usados para evaluar la contaminación de las aguas residuales domésticas y establecer la eficiencia de las plantas de tratamiento. (Giraldo, 2000).

2.8. TURBIDEZ

La turbiedad, en general, se define como la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz se disperse y no se transmita a través de la suspensión. Las interacciones en las suspensiones naturales son complejas y el término “turbiedad” con frecuencia se utiliza en sentido cualitativo (Deloya, 2006).

2.9. COLOR

El color en agua puede tener origen orgánico. Puede ser ocasionado por la presencia de iones metálicos (Hierro, Manganeso), humus, lodo, arcilla, residuos industriales (Giraldo, 2000).

Las aguas residuales industriales suelen requerir supresión de color antes de su desagüe

Color Aparente: Es el color causado por la materia suspendida y disuelta, se determina en la muestra original, sin filtrado ni centrifugado.

Color Real: El color del agua, cuya turbidez ha sido eliminada, mediante centrifugación o filtración. El color se expresa en la escala PLATINO-COBALTO (Pt-Co), y se determina por método colorimétrico. Se ha definido la unidad de color como el color producido por 1 mg/l de platino (Pt) en forma de ion cloroplatinato. El índice Cobalto Platino puede variarse para equiparar tonalidades en casos especiales (Giraldo, 2000).

2.10. REMOCIÓN DE SÓLIDOS

Cárdenas *et al.* 2015, menciona que para la remoción de sólidos se utiliza dos tecnologías que son las aclaraciones y los medios de filtración. Los clarificadores requieren un alto nivel de control y supervisión para evitar el paso de grandes cantidades de sólidos debido a la alteración química y de la temperatura. En el caso de la filtración se pasa el agua por lechos poroso, que por acción de la gravedad o presión, quedan los sólidos atrapados en los espacios que quedan entre las partículas que conforman el lecho filtrante.

2.10.1. EFICIENCIA DE REMOCIÓN

Según Arias y Méndez (2014), la determinación de la eficiencia de remoción, es la base fundamental para la aceptación de los tratamientos de depuración para aguas residuales. Se la define como el porcentaje de coloides que han sido removidos, como parte del tratamiento, así el efluente o agua de salida se ve reducido o eliminada su carga orgánica dependiendo de la calidad del coagulante. La fórmula de obtención se la expresa de la siguiente manera:

$$E = \frac{S_{inicial} - S_{final}}{S_{inicial}} * 100$$

Ecuación 2.1. Porcentaje de eficiencia de remoción.

Donde:

E: Eficiencia de remoción (%)

S_{inicial}: Carga contaminante antes del tratamiento

S_{final}: Carga contaminante después del tratamiento

2.11. ANÁLISIS GRAVIMÉTRICOS

El análisis gravimétrico se basa en la determinación de los constituyentes de un material mediante la medición de su peso. Adicionalmente a la operación de pesado, estas técnicas comprenden tres operaciones analíticas generales: filtración, evaporación y calcinación o combustión. La filtración se emplea para separar las fracciones en suspensión y disuelta. Los filtros se dividen principalmente, en dos categorías: de superficie y de profundidad. Los primeros retienen las partículas por taponamiento de sus poros que son de un diámetro estrictamente controlado (filtros de membrana), mientras que los otros interceptan las partículas que penetran una maraña espesa de fibras (filtros de fibra de vidrio o de celulosa). La evaporación separa el agua de los materiales disueltos y en suspensión contenidos en ella. Analíticamente, el agua puede clasificarse como libre o enlazada (esta última está asociada con los sólidos como agua de cristalización o como agua ocluida en los intersticios de los cristales). La evaporación del agua se realiza a 103 ° C, 105 ° C y a 180 ° C. (Radulovich, 2009). Para la determinación de los sólidos suspendidos totales, se aplica la siguiente fórmula:

$$SST = \frac{(P_{inicial}(g) - P_{final}(g)) * 1000 \text{ mg}}{\text{Volumen de la muestra (l)}}$$

Ecuación 2.2. Sólidos Suspendidos Totales.

Donde:

P_{inicial}: Peso promedios antes de filtrar

P_{final}: Peso promedio después de filtrar

2.12. COAGULANTES NATURALES

Según Banchón *et al.*, (2016), los denominados biocoagulantes o coagulantes naturales son ciertamente seguros, amigables con el ambiente y libres de toxicidad (bajo condiciones adecuadas de uso). Sus compuestos bioactivos son proteínas, polisacáridos, mucílagos, taninos y alcaloides. En la remediación de aguas residuales industriales o potabilización del agua, los coagulantes naturales permiten la desestabilización de la contaminación coloidal (sólidos suspendidos) y remoción de sólidos disueltos en términos de DQO. Se ha comprobado la eficiencia en la adsorción de metales pesados como plomo, cromo, cadmio y zinc mediante extractos de plantas. Los biocoagulantes producen menor cantidad de lodos residuales; incluso esta producción es cinco veces menor que la de lodos con coagulantes químicos. Los coagulantes naturales no consumen alcalinidad en comparación con los compuestos basados en aluminio o hierro; por tanto, no generan cambios bruscos de pH.

Los coagulantes naturales en su mayoría son de origen vegetal, con presencia de agentes coagulantes activos como carbohidratos, taninos y proteínas. Algunas especies vegetales que presentan estudios realizados son las semillas de una enorme variedad de plantas como las semillas de maíz y el frijol común entre otros. El material que ha recibido mayor grado de atención son las semillas de *Moringa oleífera* gracias a sus componentes activos, los cuales son proteínas catiónicas de diferentes pesos moleculares, además de poseer capacidad antimicrobiana.

2.13. IMPACTOS NEGATIVOS DE LOS COAGULANTES SINTÉTICOS

La contaminación del agua resulta de todas las actividades humanas, domésticas, industriales y agrícolas, las cuales han causado millones de muertes infantiles cada año, sobre todo países en desarrollo, por lo tanto, es necesario desarrollar y aplicar nuevos tratamientos elementales para la remediación del agua. Los agentes

coagulantes más usados son sales como sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$ y tricloruro de hierro $FeCl_3$, así como poliacrilamidas sintéticas. Aunque estos productos químicos son bastante eficaces en la coagulación y floculación de turbidez, colorante y sólidos en suspensión de fuentes acuosas residuales, han surgido recientemente varias desventajas, su impacto en las enfermedades como el Alzheimer y cáncer (Flaten, 2014).

En varios estudios epidemiológicos, neuropatológicos y bioquímicos sugieren un posible vínculo entre la neurotoxicidad del aluminio y la patogénesis de la enfermedad de Alzheimer. Estas consecuencias han coadyuvado a que varios autores realicen investigaciones de otras alternativas aceptables por el medio ambiente. De acuerdo con las sugerencias de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2003). Los coagulantes naturales de origen vegetal son seguros, respetuosos del medio ambiente y, en general libre de tóxicos. Coagulantes naturales se han encontrado para generar no sólo un volumen mucho más pequeño de lodos de hasta cinco veces más bajos, sino también con un valor nutricional más alto de lodos. Como tal, los lodos de tratamiento y manejo de los costos se reducen por lo que es una opción más sostenible (Llano *et al.*, 2014).

2.14. POLIELECTROLITO CATIONICO

Son polímeros orgánicos con carga eléctrica. Inicialmente se utilizaron los de origen natural, como almidón, celulosa, gomas de polisacáridos, etc. Hoy se usan una gran variedad de polielectrolitos sintéticos. Pueden actuar solos o como coadyuvantes para floculación. Los polielectrolitos pueden clasificarse en:

Catiónicos: Cargados positivamente.

Aniónicos: Cargados negativamente.

No iónicos: No son polielectrolitos en sentido estricto, aunque exhiben en disolución muchas de las propiedades floculantes de los anteriores (SNF, 2006).

2.15. PLANTA MORINGA

Foidl, (2001) citado por Morales, Méndez, y Tamayo, (2009) La planta de Moringa oleífera (familia Moringácea), crece entre 7 y 12 m de altura. Sus hojas y semillas, con un alto contenido de proteínas y bajo contenido en toxinas, se usan como alimento animal y humano en varios países de África. Se estima que cada árbol puede producir anualmente hasta 25,000 semillas, con un peso intermedio de 0.3g por semilla. Las semillas asimismo se utilizan en la industria alimentaria, en cosméticos y en medicamentos.

2.15.1. SEMILLA DE LA MORINGA COMO COAGULANTE

Según Barth *et al.* (1989) el componente activo de la semilla de la moringa que causa la coagulación del agua cruda turbia es una proteína soluble que actúa en el proceso como un polielectrolito catiónico natural. La capacidad de coagulación de las proteínas se ve incrementada cuando se emplean sales inorgánicas en su extracto. La extracción y purificación de los componentes activos del coagulante de semilla de la moringa obtenido con solución salina no aumenta la concentración orgánica residual del agua después de la coagulación (Okuda *et al.* 2001)

2.16. NORMA NTE INEN 2169:2013

La presente normativa establece las técnicas y precauciones generales que se debe tomar para la conservación y transportación de todo tipo de muestras de agua, esta norma se aplica particularmente cuando la muestra sea simple o compuesta, no puede ser analizada en el sitio de muestreo y tiene que ser trasladada al laboratorio para su respectivo análisis (NTE INEN 2169, 2013).

2.17. ESTUDIOS REALIZADOS SOBRE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DEL POLIELECTROLITO CATIONICO DE LA MORINGA OLEIFERA

Feria, Bermúdez y Estrada (2014), en su artículo científico “Eficiencia de la semilla *Moringa Oleífera* como coagulante natural para la remoción de la turbidez del río Sinú” menciona que se evaluó la posible aplicación del polielectrolito cationico de la moringa en la potabilización de agua, la investigación les permitió obtener un conjunto de resultados que sugieren que el producto presentan una buena eficiencia de remoción de sólidos. Por lo tanto esta solución es prometedora para la potabilización de aguas y como conclusión es aun mas relevante teniendo en cuenta que la *Moringa Oleífera* es un coagulante natural no perjudicial para la salud de las personas. Además se ha encontrado que el componente activo de la semilla de *Moringa oleífera* que causa la coagulación del agua cruda turbia es una proteína soluble que actúa en el proceso como un polielectrolito catiónico natural. La capacidad de coagulación de las proteínas se ve incrementada cuando se emplean sales inorgánicas en su extracto. La extracción y purificación de los componentes activos del coagulante obtenido con solución salina no aumenta la concentración orgánica residual del agua después de la coagulación y no induce a cambios significativos de los valores de pH y conductividad del agua después de su tratamiento.

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La investigación se desarrolló en el laboratorio del área Agroindustrial de la ESPAM MFL Provincia de Manabí, la misma que se encuentra ubicada en el Sitio El limón de la ciudad de Calceta, situada geográficamente entre las coordenadas 0°49´ 27,9" latitud Sur; 80° 10´ 47,2" longitud oeste y una altitud de 15,5 m.s.n.m. (Departamento de Meteorología de la Politécnica de Manabí, 2012).

3.2. DURACIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó en un tiempo de 6 meses a partir del mes de octubre de 2018 hasta el mes de marzo del 2019.

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. MÉTODOS

3.3.1.1. MÉTODO CUANTITATIVO

Este método permitió reconocer los aspectos numéricos de la investigación que tuvieron relevancia a los datos que se obtuvieron en las pruebas de laboratorio de los coagulantes a utilizar y las diferentes dosis que se utilizaron con el fin de identificar la eficiencia del polielectrolito catiónico de la semilla de la moringa (*Moringa oleífera*).

3.3.1.2. MÉTODO EXPERIMENTAL

Este método permitió la manipulación de las variables para obtener el mejor resultado, para ello se necesitó una secuencia de las pruebas de jarras realizadas en el laboratorio.

3.3.2. TÉCNICAS

3.3.2.1. OBSERVACIÓN

La observación es un elemento esencial en todo proceso investigativo, esta técnica se utilizó para establecer las necesidades en la PTAR, también con esto se logró analizar los aspectos del lugar donde se realizaron los muestreos de las aguas residuales.

3.3.2.2. PRUEBAS DE JARRA

Con esta técnica se probaron los coagulantes (sulfato de aluminio y polielectrolito catiónico de la semilla de la moringa) a utilizar. Para cada combinación de coagulantes, se realizan ensayos de jarras con diferentes dosis, basado en la metodología usada por Méndez , *et al*,(2004).

3.4. FACTOR EN ESTUDIO

El factor en estudio es la cantidad (ml) de polielectrolito catiónico y (g) Sulfato de aluminio.

Niveles del factor en estudio:

- Sulfato de aluminio (P₀) = 0,5 g
- Polielectrolito (P₁) = 1 ml.
- Polielectrolito (P₂) = 2 ml.
- Polielectrolito (P₃) = 4 ml.

3.5. TRATAMIENTOS

Se realizaron cuatro tratamientos, estando compuesto por los tres niveles del factor en estudio más el testigo, cada uno con tres repeticiones (P+1)*r, dando un total de 12 unidades experimentales.

Cuadro 3.1. Tratamientos empleados en la investigación.

Tratamientos	Unidades experimentales	Dosis
T ₀	R ₁	0,5 g
	R ₂	
	R ₃	
T ₁	R ₁	1 ml
	R ₂	
	R ₃	
T ₂	R ₁	2 ml
	R ₂	
	R ₃	
T ₃	R ₁	4 ml
	R ₂	
	R ₃	

Elaborado por: Falconí y Víneces (2019).

3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento fue conducido bajo los lineamientos del Diseño Completamente al Azar (DCA) en un arreglo unifactorial (P+1), con cuatro tratamientos y tres repeticiones.

Cuadro 3.2. Generalidades del diseño del experimental.

Tratamientos	Dosis	Réplicas	Diseño experimental
T ₀	5 g	3	DCA
T ₁	1 ml		
T ₂	2 ml		
T ₃	4 ml		

Elaborado por: Falconí y Víneces (2019).

3.7. UNIDAD EXPERIMENTAL

Cuadro 3.3. Descripción de las unidades experimentales

Nomenclatura	Unidad experimental	Combinaciones		Tiempo de agitación
		Polielectrolito catiónico	Agua Residual	
T ₀	R ₁	0,5 g	500 ml	15 minutos
	R ₂			
	R ₃			
T ₁	R ₁	1 ml	500 ml	15 minutos
	R ₂			
	R ₃			
T ₂	R ₁	2 ml	500 ml	15 minutos
	R ₂			
	R ₃			
T ₃	R ₁	4 ml	500 ml	15 minutos
	R ₂			
	R ₃			

Elaborado por: Falconí y Vincas (2019).

3.8. VARIABLES A MEDIR

3.8.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Polielectrolito catiónico de la Moringa (*Moringa oleífera.*).

3.8.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Remoción de sólidos suspendidos totales.

3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Haciendo uso de la Estadística Descriptiva se recolectó y tabuló los resultados del experimento en el software Microsoft Excel 2016, seguidamente se utilizó la Estadística Inferencial para analizar, recomendar el tratamiento con mayor eficiencia y contrastar con las hipótesis planteadas, por lo que se valió del software estadístico InfoStat. Entre las pruebas desarrolladas, se mencionan las siguientes:

- Análisis de la Varianza (ANOVA) - unifactorial.
- Prueba de hipótesis.
- Gráficos Estadísticos.

Cuadro 3.4. Fuentes de interés del ANOVA del DCA.

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	11
Tratamientos	4
Error Experimental	7

Elaborado por: Falconí y Víneces (2019).

3.10. MANEJO DEL EXPERIMENTO

FASE 1: DETERMINAR EL PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES DEL AGUA RESIDUAL DE LA ESPAM-MFL

ACTIVIDAD 1. OBTENCIÓN DEL POLIELECTROLITO DE LA SEMILLA DE LA MORINGA (*Moringa oleífera*)

Se recolectaron en la ciudad de Calceta, un total de 2000 semillas de moringa en un periodo de 6 meses para el desarrollo de la presente investigación. (Anexo 1-A)

Siguiendo el método de García (2007), se retiraron las semillas de *Moringa Oleífera* manualmente de las vainas, luego se secaron durante una hora en una estufa a 105 °C, se trituraron en un molino manual y se tamizaron en una malla de marca 35 MESH 500 micras, dando como resultado 800 g de harina. (Anexo1-B y 1-C)

Se prepararon los 800 g de harina en 400 ml de alcohol etílico al 95% de pureza, se removió la disolución por 30 minutos, dejándola reposar durante una hora, con el objetivo de extraer el aceite, luego, se preparó 5 g de cloruro de sodio en 500 ml de agua destilada, la mezcla se agito por una hora, se procedió a agregar la harina ya preparada removiéndola durante 15 minutos, una vez transcurrido el tiempo se procedió a pasar por un filtro de papel, obteniendo 400 ml de polielectrolito catiónico de la *Moringa oleífera*. Después de obtener el extracto del compuesto activo se dejó reposar por 24 horas en un refrigerador a 4°C. (Anexo 1-D, 1-E y 1-F)

ACTIVIDAD 2. TOMA DE MUESTRAS DE AGUA RESIDUAL

Se realizó una toma de muestra simple en la Planta de Tratamiento de Agua Residual de la ESPAM MFL, según la norma NTE INEN 2169 (2013). La muestra de agua fue llevada al laboratorio del área Agroindustrial de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “MFL”, donde se realizaron los respectivos análisis físicos de sólidos suspendidos totales mediante el análisis gravimétrico y aplicando la ecuación 2.2, la turbidez y color se la determino mediante el equipo colorímetro marca spectroquant move 100 y se obtuvieron los resultados del agua residual antes del tratamiento, como se muestran en el cuadro 3.5

Cuadro 3.5. Análisis de agua residual.

SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES			TURBIDEZ (FAU)	COLOR (Pt/Co)
PESO ANTES DE FILTRAR (g)	PESO DESPUES DE FILTRAR (g)	SST DE AGUA RESIDUAL (mg/l)		
0,195	0,207	120	43,52	456

Elaborado por: Falconí y Vincas (2019).

ACTIVIDAD 3. APLICACIÓN DEL MÉTODO DE PRUEBA DE JARRA

Se aplicó el método de prueba de jarra para determinar la dosis más óptima de polielectrolito catiónico de la *Moringa oleífera*; para el desarrollo de los análisis se realizaron tres repeticiones para cada uno de los tratamientos: T₀ (0,5 g), T₁ (1 ml), T₂ (2 ml) y T₃ (4 ml). (Anexo 2-A)

En cada vaso del equipo de jarras se colocaron 500 ml de agua residual, previamente agitada por un tiempo 2 minutos, se añadió las diferentes dosis de polielectrolito catiónico de la moringa y sulfato de aluminio en cada vaso. Se ubicaron las paletas dentro de las jarras, activando el sistema de agitación a una velocidad máxima de 280 rpm durante 30 segundos de agitación, luego se redujo la velocidad de las paletas a 140 rpm y se dejó flocular por 15 minutos. (Anexo 2-B, 2-C y 2-D)

Una vez transcurrido el tiempo de agitación, se detuvo el agitador, extrajeron las paletas y dejando sedimentar por un lapso de tiempo de 24 horas, pasado el tiempo

de sedimentación, se tomaron las muestras de cada jarra para determinar los parámetros de sólidos suspendidos totales, color y turbidez. (Anexo 2-E)

Para la determinación de los sólidos suspendidos totales, se utilizó el método gravimétrico, se colocaron los filtros en sus propios recipientes de aluminio, secándolos por 30 minutos en una estufa a 104 °C. El recipiente y el filtro se colocaron en un desecador y luego se pesó en una balanza marca shimadzu. Se repitió este paso varias veces para obtener el peso promedio. Se colocaron los 500 ml de agua residual, en el equipo usando los diferentes filtros ya preparados anteriormente, luego se ubicó nuevamente cada filtro en su recipiente de aluminio, colocándolos en la estufa de secado por una hora a 104 °C; para eliminar la humedad, se enfrió el filtro en un desecador y se pesó en la balanza marca shimadzu, luego se procedió al cálculo de los sólidos suspendidos totales mediante la aplicación de la ecuación 2.2. (Anexo 3-A, 3-B y 3-C)

Se determinó el color y la turbidez del agua residual en un colorímetro portátil marca spectroquant move 100, se procedió a lavar la cubeta en su interior con agua destilada para eliminar residuos, se llenó la cubeta con agua destilada para calibrar el colorímetro de acuerdo al parámetro a medir. Luego de calibrar, se colocó el agua residual para medir los parámetros de color y turbidez. (Anexo 3-D y 3-E)

FASE 2: DETERMINAR LA DOSIS ÓPTIMA

ACTIVIDAD 4. APLICACIÓN DE LA FÓRMULA DE EFICIENCIA

Para la determinación de la dosis óptima, se aplicó la ecuación 2.1 con el objetivo de establecer la eficiencia de remoción de sólidos suspendidos totales, turbidez y color y así verificar cual es el mejor tratamiento.

ACTIVIDAD 5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

Después de obtener los resultados de la cada uno de los tratamientos y réplicas, se realizó el análisis de varianza, para su ejecución se utilizó el software InfoStat, el

cual proporcionó el p-valor y así se constató si hubo o no diferencias significativas entre tratamientos por cada una de las variables analizadas.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES

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, a un nivel de confianza del 95%, tomando en cuenta que el valor de P fue de 0.707; por lo tanto, es un valor mayor a 0.05, lo cual indica que no existe una diferencia significativa entre la media de los porcentajes de resistencias entre los tratamientos.

Cuadro 4.1. ANOVA de los resultados de la variable SST.

F.V.	GL	SC	CM	F	p – valor
Tratamiento	3	141.67	47.22	0.48	0.707
Error	8	793.33	99.17		
Total	11	935.00			

Elaborado por: Falconí y Vínces (2019).

En el cuadro 4.2 se muestran los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio de la muestra de agua, en cada una de las réplicas y tratamientos.

Cuadro 4.2. ANOVA de los resultados de la variable SST.

TRATAMIENTO	SST INICIAL	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES FINAL			TULSMA (2015)	EFICIENCIA DE REMOCIÓN	
	SST EN AGUA RESIDUAL	PESO ANTES DE FILTRAR	PESO DESPUES DE FILTRAR	SST EN AGUA TRATADA	TABLA 12. LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DE SST	REMOCIÓN (%)	PROMEDIO (%)
T0	120 mg/l	0,2011 g	0,2045 g	34 mg/l	100 mg/l	92	79,67
	120 mg/l	0,1922 g	0,1945 g	23 mg/l	100 mg/l	86	
	120 mg/l	0,1987 g	0,2000 g	13 mg/l	100 mg/l	61	
T1	120 mg/l	0,1970 g	0,1980 g	10 mg/l	100 mg/l	92	86,00
	120 mg/l	0,1920 g	0,1940 g	20 mg/l	100 mg/l	83	
	120 mg/l	0,1910 g	0,1920 g	20 mg/l	100 mg/l	83	
T2	120 mg/l	0,1980 g	0,2000 g	20 mg/l	100 mg/l	83	89,00
	120 mg/l	0,1970 g	0,1980 g	10 mg/l	100 mg/l	92	
	120 mg/l	0,1970 g	0,1990 g	10 mg/l	100 mg/l	92	
T3	120 mg/l	0,1950 g	0,1970 g	10 mg/l	100 mg/l	92	83,33
	120 mg/l	0,1940 g	0,1950 g	20 mg/l	100 mg/l	83	
	120 mg/l	0,1900 g	0,1930 g	30 mg/l	100 mg/l	75	

Elaborado por: Falconí y Vínces (2019).

Se observa en el cuadro 4.2 que los valores de sólidos suspendidos totales están entre 10-30 mg/l, constan por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la normativa legal vigente TULSMA (2015), para descargas a un cuerpo de agua dulce.

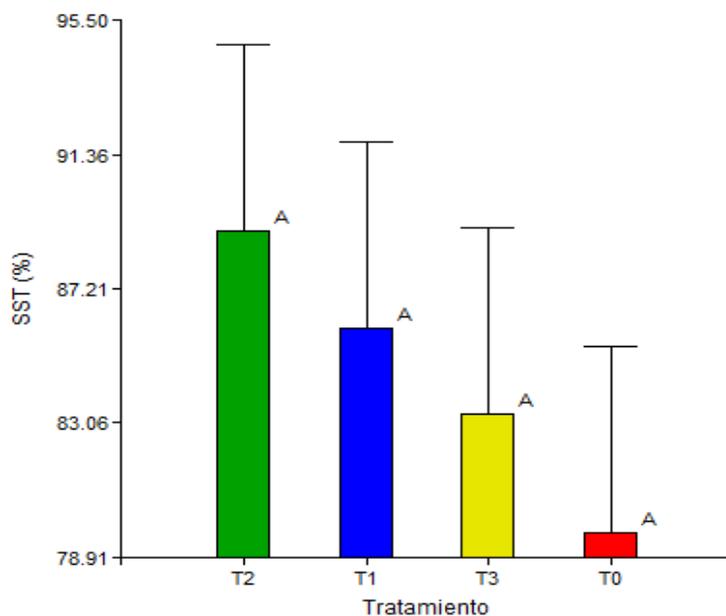


Gráfico 4.1. Categorización mediante la prueba de media de la variable SST.

Los resultados presentados en el gráfico 4.1 muestran las medias obtenidas de la prueba de SST de cada tratamiento, donde el valor medio con mayor eficiencia fue alcanzado por el tratamiento T₂ (2 ml) obteniendo un 89 % en la remoción de sólidos suspendidos totales, seguido por el Tratamiento T₁ (1 ml) con un 86% y el tratamiento T₃ (4 ml) con 83,33 %, mientras que el tratamiento que presenta menor eficiencia fue el tratamiento T₀ (0,5 g) con 79,67 %. Por lo tanto, el gráfico muestra que la dosificación adecuada para remover SST es de 2 ml de polielectrolito catiónico, sin embargo, al aumentar la dosis a 4ml, los niveles SST vuelven a disminuir. En este sentido, se puede afirmar que dado los presentes resultados, La *M. Oleífera* resulta un coagulante efectivo en tratamiento de aguas residuales y es una posible alternativa, ya que no deja residuos tóxicos en el agua tratada que pudieran afectar el organismo, dado su origen vegetal y disminuye gran parte de los

sólidos presentes en el agua mediante procesos de absorción, datos que se comparan con un estudio realizado en Brasil en donde tenían por objetivo comparar la eficiencia de dos coagulantes, el sulfato de aluminio y el polielectrolito catiónico de la semilla de *Moringa Oleífera*, para la remoción de sólidos, determinando que la diferencia entre los coagulantes es baja, por lo que la moringa podría sustituir a este coagulante sintético (Paredes, 2013).

4.2. TURBIDEZ

Una vez que se llevó a cabo los análisis para la variable turbidez, se utilizó para ella la unidad de medida %, y se determinó estadísticamente que los tratamientos no presentan diferencia significativa entre sí, con un nivel de confianza del 95 %.

Cuadro 4.3. ANOVA de los resultados de la variable turbidez.

F.V.	GL	SC	CM	F	p - valor
Tratamiento	3	1134.25	378.08	1.42	0.307
Error	8	2132.67	266.58		
Total	11	3266.92			

Elaborado por: Falconí y Vincés (2019)

En el cuadro 4.4 se muestran los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio de la muestra de agua, en cada una de las réplicas y tratamientos.

Cuadro 4.4. Resultados del experimento por la variable turbidez.

Tratamientos	AGUA RESIDUAL (FAU)	AGUA TRATADA (FAU)	REMOCIÓN DE TURBIDEZ (%)	PROMEDIO DE REMOCIÓN (%)
T0	43,52	25	43	37,00
	43,52	38	13	
	43,52	20	55	
T1	43,52	35	20	28,00
	43,52	36	17	
	43,52	32	47	
T2	43,52	39	10	25,33
	43,52	26	40	
	43,52	35	26	
T3	43,52	47	0	10,00
	43,52	39	10	
	43,52	41	20	

Elaborado por: Falconí y Vincés (2019)

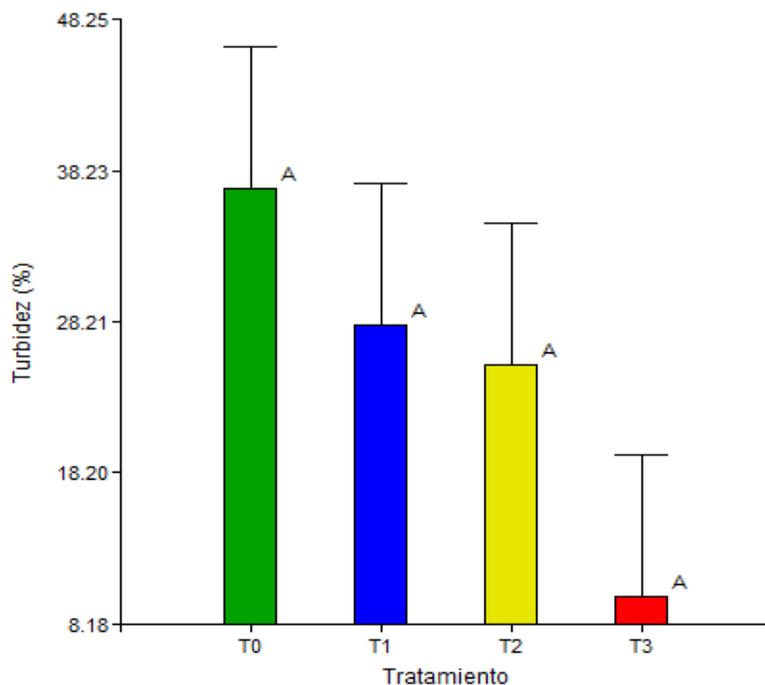


Grafico 4.2. Categorización mediante la prueba de medida de la Variable turbidez.

Los resultados obtenidos en el gráfico 4.2 muestran el rendimiento por cada tratamiento, en lo que respecta a la variable remoción de la turbidez, lo cual quiere decir que el valor medio con mayor eficiencia, fue del tratamiento T₀ (0,5 g) con un 37 % de remoción seguido por el tratamiento T₁ (1 ml) con el 28 % y el tratamiento con menor eficiencia fue el T₃ (4 ml) con 10 %. En los resultados de los tratamientos, se puede observar que existe un rango de significatividad, los valores muestran que la menor turbidez se presenta en la media del tratamiento T₃, donde se puede verificar que al aumentar la dosis de 1 ml a 4 ml se redujo la eficiencia de remoción, datos que se pueden comparar por un estudio realizado por Arias y Méndez (2014), donde mencionan que se necesita menor cantidad de coagulante de la moringa para obtener una eficiencia de remoción superior de turbidez, ya que una sobredosificación del polímero causa un efecto negativo en el proceso físico-químico de coagulación-floculación, afectando el tamaño del floculo.

4.3. COLOR

Se determinó estadísticamente que los tratamientos no presentan diferencias significativas entre sí, es decir hay homogeneidad entre ellos, a un nivel de confianza del 95%, tomando en cuenta que el valor de P fue de 0.2617, por lo tanto, es un valor mayor a 0.05, lo cual indica que no existe una diferencia significativa entre la media de los tratamientos de la variable color.

Cuadro 4.5. ANOVA de los resultados de la variable de color.

F.V.	GL	SC	CM	F	p – valor
Tratamiento	3	762.92	254.31	1.61	0.2617
Error	8	1262	157.75		
Total	11	2024.92			

Elaborado por: Falconí y Vinces (2019).

En el cuadro 4.4 se muestran los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio de la muestra de agua, en cada una de las réplicas y tratamientos.

Cuadro 4.6. Resultados del experimento por la variable color.

Tratamientos	AGUA RESIDUAL (Pt/Co)	AGUA TRATADA (Pt/Co)	REMOCIÓN DE TURBIDEZ	PROMEDIO DE REMOCIÓN (%)
T0	456	324	29	25,67
	456	443	3	
	456	249	45	
T1	456	384	16	15,33
	456	421	8	
	456	356	22	
T2	456	444	3	6,00
	456	457	0	
	456	387	15	
T3	456	551	0	6,67
	456	383	16	
	456	440	4	

Elaborado por: Falconí y Vinces (2019).

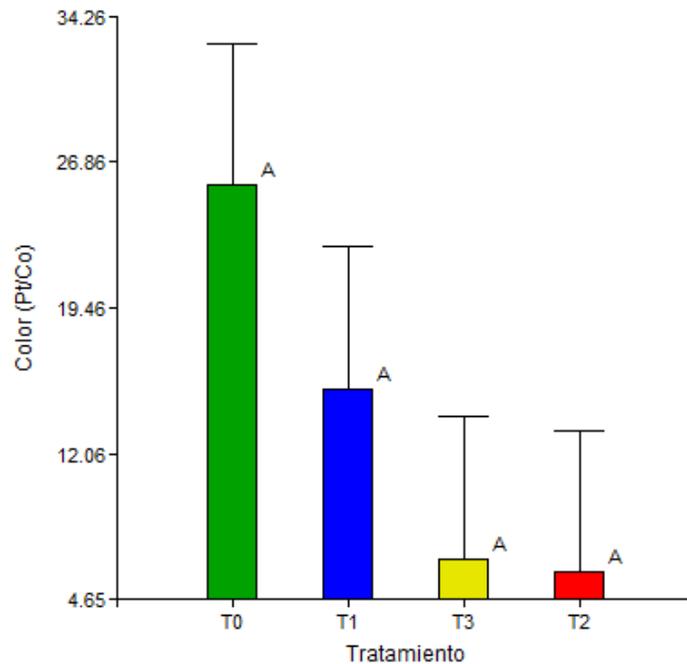


Grafico 4.3. Categorización mediante la prueba de media de la variable de color.

El gráfico 4.3 muestra los resultados de cada uno de los tratamientos, correspondiente a la variable color, donde se aprecia que el valor promedio con mayor eficiencia fue el tratamiento T₀ (0,5 g) con 25,67 % de remoción, seguido por el tratamiento T₁ (1 ml) con 15,33 % y el tratamiento con menor eficiencia fue el tratamiento T₂ (3 ml) con 6%. Según los resultados obtenidos se puede verificar que la eficiencia de remoción en las variables de color y turbidez fueron de entre 6-28%, menores a comparación de la remoción de sólidos suspendidos totales que estuvieron entre 83-89%, datos que se relacionan con un estudio realizado por Cabrera (2018), donde menciona que a pesar de que investigaciones afirman que el polielectrolito catiónico de la *Moringa Oleífera* presenta una buena eficiencia como coagulante natural en relación a los sintéticos, no interaccionaron lo suficiente con las partículas coloidales responsables de la turbidez y el color en el agua residual.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La mejor eficiencia de remoción en la aplicación de polielectrolito catiónico de la semilla de *Moringa oleífera* que se obtuvo en los sólidos suspendidos totales fue para la dosificación de 2 ml con 89 %, en la turbidez y el color para la dosis de 1 ml con 28% y 15,33% respectivamente.
- El polielectrolito catiónico de la *Moringa oleífera* resulta ser un buen coagulante para remoción de SST en aguas residuales, y se puede utilizar las diferentes dosificaciones proyectadas en el estudio, por lo que se acepta la hipótesis planteada en esta investigación.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar esta investigación con diferentes parámetros físicos, químicos o microbiológicos, donde determinen si el coagulante a base de moringa es efectivo en la reducción de metales pesados y coliformes fecales.
- Promover el uso del coagulante natural a base de semilla de *Moringa Oleífera*, cuya efectividad ha sido comprobada en esta investigación como reemplazo del sulfato de aluminio.

BIBLIOGRAFÍA

- Acurio, S., & Arciniegas, K. (2015). *Evaluación de la remoción de nitritos y nitratos en muestras de agua del Río San Pedro Cantón Ruminahui por microalgas clorofitas*. Tesis, Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Quito.
- Argandoña, L., & 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”*. Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Químico, Portoviejo. Obtenido de <http://repositorio.utm.edu.ec>
- Arias Hoyo, A., Hernández Medina, J., Carto Valencia, Á., & Sánchez Peña, N. (2017). TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA CENTRAL DE SACRIFICIO: USO DEL POLVO DE LA SEMILLA DE LA M. oleífera COMO COAGULANTE NATURAL. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*(1), 29-39.
- Arias, D., & Méndez, E. (2014). Remoción de sólidos en aguas residuales de la industria harinera de pescado empleando biopolímeros. *Tecnología y ciencias del agua*, 5(3), 72-80.
- Banchón, C., Baquerizo, R., Muñoz, D., & Zambrano, L. (2016). Coagulación natural para la descontaminación de efluentes industriales. *Revista Enfoque*, 111-126.
- Barth, H., Habs, M., Klute, R., Müller, S., & Tauscher, B. (1989). Tratamiento de agua potable con Semillas de Moringa Oleífera. *Periódicos de Químicos*(106), 75-78.
- CABRERA, G. A. (2018). *Aplicación de Semilla de Moringa Oleífera Lam Como Alternativa Coagulante de Agua Almacenada en el Municipio de Zirándaro, Gro.* Obtenido de <https://repositorio.udes.edu.co/handle/001/1050?mode=full>
- Caldera, Y., Oñate, H., Rodríguez, Y., & Gutiérrez, E. (2011). Eficiencia del sulfato de aluminio durante el tratamiento de aguas residuales de una industria. *Arbitrada Venezolana*, 6(2), 244-256.
- Calva, J. A. (2015). *“DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA LAGUNA DE OXIDACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMA*. Obtenido de

<http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11987/1/TESIS%20LOPEZ%20JOSE%2021-11-2015%20CORRECCIONES%2014-12-2015.pdf>

- Cárdenas, G., Sánchez, I., Maya, J., & Solarte, A. (2015). Remoción de sólidos en aguas residuales de producción intensiva de trucha en un sistema de recirculación cerrado. *Revista UNIMAR*, 33(1), 229-236.
- Castañeda, A., & Flores, H. (2014). Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante plantas macrófitas típicas en Los Altos de Jalisco, México. *Tecnología y Sociedad*, 3(5), 15-28.
- Cogollo, J. (2011). CLARIFICACIÓN DE AGUAS USANDO COAGULANTES POLIMERIZADOS: CASO DEL HIDROXICLORURO DE ALUMINIO. *Dyna*, 78(165), 18-27.
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). pág. RO N° 449. Recuperado el 19 de Mayo de 2018
- Corcorán , E., Nellemann, C., Baker, E., Bos , R., Osborn, D., & Savelli, B. (2012). *Antioxidant potential of hydrolyzed polyphenolic extracts from tara (Caesalpinia spinosa) pods*. doi:10.1016/j.indcrop.2013.03.009
- Deloya, A. (2006). Métodos de análisis físicos y espectrofométricos para el análisis de aguas residuales. *Tecnología en Marcha*, 19(2), 1-10.
- Espigares, M., & Pérez, J. (2013). Aguas Residuales. 22.
- Feria, J., Bermúdez, S., & Estrada, A. (2014). Eficiencia de la semilla Moringa Oleífera como coagulante natural para la remoción de la turbidez del río Sinú. *Producción + Limpia*, 9(1), 9-22.
- Flaten, T. (2014). El aluminio como factor de riesgo en la enfermedad de Alzheimer, con énfasis en el agua potable. *Brain Res*, 55(2), 187-196.
- Galarza, E., Gonzáles, L., & Nestorovic, D. (2001). El costo ambiental de hacer negocio en Perú, reporte final. Proyecto Andino de competitividad. *Revista: Tecnología y Ciencias del Agua*, V(3), 115-123. Obtenido de <http://www.redalyc.org>
- García, E. (2007). Metodología de extracción in situ de coagulantes naturales para la clarificación de agua superficial. Aplicación en países en vías de desarrollo. *Instituto de Seguridad Industrial, Radiofísica y Medioambiental. Universidad Politécnica de Valencia*, 19-25.

- Giraldo, I. (2000). *MANUAL DE ANÁLISIS DE AGUAS*. Colombia: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co>
- Gómez, A. (2005). *Remoción de sólidos suspendidos por el método de coagulación-floculación*. Manisales.
- Guzmán, L., Villabona, A., Tejada, C., & García, R. (2013). Reducción de la turbidez del agua usando coagulantes naturales. *U.D.C.A*, 16(1), 253-262.
- Herrera, O., & Corpas, E. (2013). Reducción de la contaminación en agua residual industrial láctea utilizando microorganismos benéficos. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(1), 57-67.
- Llano, B., Cordona, J., Ocampo, D., & Ríos, L. (2014). Tratamiento Físicoquímico de las Aguas Residuales Generadas en el Proceso Llano Información Tecnológica Vol. 25 N° 3 –201473 Tratamiento Físicoquímico de las Aguas Residuales Generadas en el Proceso de Beneficio de Arcillas y Alternativas de Uso de los Lodos. *Informacion Tecnológica*, 25(3), 73-82.
- Manzano, P. (2017). Especies de plantas comestibles de la Amazonia como potencial para la salud. *Biotecnología para el desarrollo*.
- Manzur, A., & Cardoso, J. (2015). Velocidad de evaporación del agua. *Revista Mexicana de Física*, 31-34.
- Marín, J., Chinga, C., Velásquez, A., González, P., & Zambrano, L. (2015). Tratamientos de aguas residuales de una industria procesadora de pescado en reactores anaeróbicos discontinuos. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 25(1), 27-42.
- Marquetotti, A., Vieira, M., Araújo, A., Fagundes, M., Veit, M., & Bergamasco, R. (2010). Uso de la semilla de Moringa oleífera como un adsorbente natural para tratamientos de aguas residuales. *Contaminación Brazil*, 206, 273-281.
- Mera, C., Guitiérrez, M., Montes, C., & Paz, J. (2016). EFECTO DE LA Moringa oleífera EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL CAUCA, COLOMBIA. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y agropecuario*, 14(2), 100-109.
- NTE INEN 2169. (2013). *Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y Conservación de muestras*. Quito, Ecuador.

- Okuda, T., Baes, A., Nishijima, W., & Okada, M. (2001). Aislamiento y caracterización de Coagulante Extraído de Moringa Oleífera. *Investigación del agua*, 35(2), 405-4010.
- Oliva, J., Giacoman, G., & Pérez, M. (2008). Estudio de la dinámica de sedimentación de lodos mediante un sistema óptico. *Ingeniería*, 12(2), 14.
- Paredes, P. (2013). El uso de Moringa oleífera como material natural para el tratamiento del agua potable en países en vía de desarrollo. *YACHANA*, 2(2), 243-246.
- Pérez, L. (2005). *Teoría de la sedimentación*. Obtenido de <http://www.fi.uba.ar>
- Pérez, M., Ordoñez, T., & Hernández, J. (2016). Sistema de tratamiento para las aguas residuales en la empresa de aprovechamiento hidráulico Villa Clara. *Centro Azúcar*, 43(2), 1-8.
- Radulovich, R. (2009). Análisis gravimétrico para determinar sólidos suspendidos en aguas. *Agronomía Costarricense*, 33(1), 121-124.
- Rodríguez, H. (13 de Marzo de 2017). Las aguas residuales y sus efectos contaminantes. pág. 5.
- Ruiz, D. (2017). *Método de Estimación de Sólidos Suspendidos Totales como Indicador de la Calidad del Agua*. Bogotá, Colombia.
- Sandoval, J., & Peña, M. (2007). *Evaluación del desempeño de humedales construidos con plantas nativas tropicales para el tratamiento de lixiviado de rellenos sanitarios*.
- SNF. (2006). *Tema 5. Coagulación-Floculación*. Universidad Castilla la Mancha. Obtenido de <https://www.uclm.es/>
- Telégrafo, E. (2014). El Parque Industrial de Pelileo proyecta 58 hectáreas. Obtenido de <http://www.telegrafo.com.ec/regionales/regional-centro/item/el-parque-industrial-de-pelileo-proyecta-58-hectareas.html>
- Trujillo, D., & Duque, L. (2014). Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación/floculación usando almidón. *Revista ION*, 27(1), 17-34. Obtenido de <http://www.scielo.org.co>
- TULSMA (Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria). (2015). *Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua*. Quito.

Vilabrille, F. (2012). *“El Agua, el recurso más importante.* Obtenido de periodistadigital.com/faustino-vilabrille.

Zeas, B. (2018). *ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO DEL USO DE LA MORINGA COMO COAGULANTE-FLOCULANTE EN AGUAS SUPERFICIALES.* Tesis, Universidad de Guayaquil Facultad de Ingeniería Química, Guayaquil, Ecuador.

ANEXOS

ANEXO 1

OBTENCIÓN DEL POLIELECTROLITO CATIÓNICO DE LA SEMILLA DE *MORINGA OLEÍFERA*

Anexo 1-A. Semillas recolectadas



Anexo 1-B. Semillas peladas



Anexo 1-C. Semillas molidas



Anexo 1-D. Preparación salina.



Anexo 1-E. Solución filtrada



Anexo 1-F. Polielectrolito catiónico



ANEXO 2 PRUEBA DE JARRA

Anexo 2-A. Dosis de 1 ml, 2 ml y 4 ml



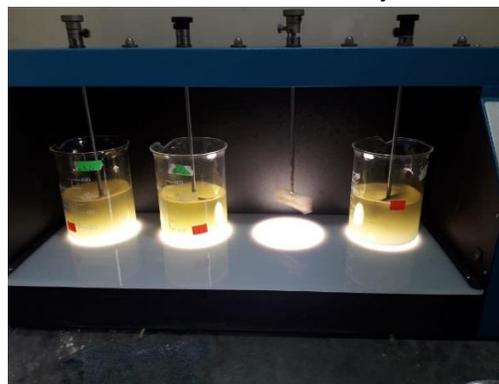
Anexo 2-B. Agua residual



Anexo 2-C. Dosificación



Anexo 2-D. Prueba de jarra



Anexo 2-E. Sulfato de aluminio (i) y Moringa (d)



ANEXO 3 DETERMINACIÓN DE SST, TURBIDEZ Y COLOR

Anexo 3-A. Secado de filtros en la estufa



Anexo 3-B. filtración de agua



Anexo 3-C. Peso del filtro



Anexo 3-D. Determinación de turbidez



Anexo 3-E. Determinación de color



ANEXO 3

NORMA NTE INEN 2169: MUESTREO, MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS

NTE INEN 2169

2013-06

3.15 Recomendaciones generales

3.15.1 Se debe evitar la contaminación de la muestra, especialmente si la actividad de la muestra es baja. Algunas muestras presentan lecturas de actividad si permanecen en el sol o el aire. Los laboratorios ordinarios y los radioquímicos, así como algunos artefactos domésticos, pueden contener material radiactivo.

3.15.2 Algunas botellas de plástico concentran las muestras paulatinamente debido a que se vuelven permeables al agua. Ver las recomendaciones para radón.

3.15.3 Cuando se muestrea agua lluvia, (ver ISO 5667-8). Como la recolección de una cantidad suficiente de muestra requiere un período de varios días, anotar la fecha de inicio y finalización de la recolección. Se puede adicionar un acarreador o estabilizador para determinadas mediciones.

3.15.4 La anotación de la fecha y la hora de muestreo es importante cuando se requiera hacer correcciones por deterioro.

4. INSPECCIÓN

4.1 Muestreo

4.1.1 Llenado del recipiente

4.1.1.1 En muestras que se van a utilizar para la determinación de parámetros físicos y químicos, llenar los frascos completamente y taponarlos de tal forma que no exista aire sobre la muestra. Esto limita la interacción de la fase gaseosa y la agitación durante el transporte (así se evita la modificación del contenido de dióxido de carbono y la variación en el valor del pH, los bicarbonatos no se conviertan a la forma de carbonatos precipitables; el hierro tiende a oxidarse menos, limitando las variaciones de color, etc.).

4.1.1.2 Los recipientes cuyas muestras se van a congelar como método de conservación, no se deben llenar completamente.

4.1.2 Refrigeración y congelación de las muestras

4.1.2.1 Las muestras se deben guardar a temperaturas más bajas que la temperatura a la cual se recolectó. Los recipientes se deben llenar casi pero no completamente.

4.1.2.2 La refrigeración o congelación de las muestras es efectiva si se la realiza inmediatamente luego de la recolección de la muestra. Se debe usar, cajas térmicas o refrigeradores de campo desde el lugar del muestreo.

4.1.2.3 El simple enfriamiento (en baño de hielo o en refrigerador a temperaturas entre 2°C y 5°C) y el almacenamiento en un lugar oscuro, en muchos casos, es suficiente para conservar la muestra durante su traslado al laboratorio y por un corto período de tiempo antes del análisis. El enfriamiento no se debe considerar como un método de almacenamiento para largo tiempo, especialmente en el caso de las aguas residuales domésticas y de las aguas residuales industriales (ver tabla 1).

4.1.2.4 El congelamiento a temperaturas de -20 °C permite un incremento en el período de almacenamiento, sin embargo, es necesario un control del proceso de congelación y descongelación a fin de retornar a la muestra a su estado de equilibrio inicial luego del descongelamiento. En este caso, se recomienda el uso de recipientes de plástico (policloruro de vinilo o polietileno). Los recipientes de vidrio no son adecuados para el congelamiento.

4.1.3 Filtración y centrifugación de muestras

4.1.3.1 La materia en suspensión, los sedimentos, las algas y otros microorganismos deben ser removidos en el momento de tomar la muestra o inmediatamente después por filtración a través de papel filtro, membrana filtrante o por centrifugación. La filtración no es aplicable si el filtro es capaz de retener unos o más de los componentes a ser analizados. También es necesario que el filtro no sea causa de contaminación y que sea cuidadosamente lavado antes del uso, pero de manera compatible con el método final de análisis.

(Continúa)