



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA *MORINGA*
OLEÍFERA COMO FLOCULANTE PARA EL TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES.”**

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: DOLORES SOFÍA TOAPANTA TAIPE

DIRECTOR: Ing. DANIELITA FERNANDA BORJA MAYORGA

Riobamba – Ecuador

2020

©2020, Dolores Sofía Toapanta Taipe

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, Dolores Sofía Toapanta Taipe, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 12 de noviembre de 2020.



Dolores Sofía Toapanta Taipe

055001199-3

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo: Proyecto de investigación, **“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA *MORINGA OLEÍFERA* COMO FLOCULANTE PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES”** realizado por la señorita: **DOLORES SOFÍA TOAPANTA TAIPE**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. César Puente Guijarro PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	2020-12-23
Ing. Danielita Fernanda Borja Mayorga DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	2020-12-23
Ing. Marco Raúl Chuiza Rojas MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	2020-12-23

DEDICATORIA

A lo largo de toda mi vida siempre he estado rodeada de personas buenas, trabajadoras, bondadosas, sin duda excepcionales seres humanos. Tengo una familia maravillosa, que siempre ha apoyado cada uno de mis pasos, unas amigas incondicionales y mi equipo de tres, Edwin, Paola e Isabella, mi pequeña familia; este trabajo es dedicado para ellos, para mi Madre, una mujer luchadora, amorosa y comprensiva, que nunca dejo de creer en mí, para mi Padre, un hombre con temple y bondadoso, para mis hermanos, los mejores consejeros, para mis amigas, mi mejor momento y para mi novio e hijas, mi mejor motivación.

Sofía

AGRADECIMIENTO

Agradezco a cada una de las personas que ha apoyado de cualquier manera a culminar con esta meta en mi vida, a Dios, a mi familia y amigos puesto que han sido incondicionales en todo y su apoyo ha sido realmente importante. También agradezco de manera especial a la Ing. Danielita Borja por brindarme todo su apoyo y conocimientos para la realización de este Trabajo de integración Curricular y sin duda mi mayor agradecimiento para mi querida Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, la mejor institución de educación superior, en la cual cree mis mejores recuerdos, grandes amistades y sus mejores docentes me impartieron un gran conocimiento.

Sofía

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPITULO I

1.	MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	5
1.1	Antecedentes de la investigación.....	5
1.2	Marco teórico.....	6
1.2.1	La moringa.....	6
1.2.1.1	Generalidades.....	6
1.2.1.2	Taxonomía.....	7
1.2.1.3	Contenido nutricional de la moringa.....	7
1.2.1.4	Usos y aplicaciones de la Moringa oleífera.....	8
1.2.1.4.1	Usos industriales.....	8
1.2.1.4.2	Usos cosméticos.....	8
1.2.1.4.3	Usos medicinales.....	9
1.2.1.4.4	Usos alimenticios.....	9
1.2.2	Coagulación y floculación.....	9
1.2.2.1	Coagulación.....	10
1.2.2.1.1	Mecanismo de la coagulación.....	10
1.2.2.2.	Floculación.....	13

1.2.2.2.1	<i>Teoría de la floculación.</i>	13
1.2.3	<i>Tipos de floculantes.</i>	13
1.2.3.1	<i>Floculantes sintéticos.</i>	13
1.2.3.2	<i>Floculantes naturales.</i>	14
1.2.4	<i>Aguas residuales.</i>	15
1.2.4.1	<i>Tratamiento De Aguas Residuales.</i>	16
1.2.4.1.1	<i>Etapas del tratamiento del agua residual</i>	17
1.2.5	<i>Test de jarras</i>	17
1.2.5.1	<i>Interferencias en el test de jarras.</i>	18

CAPITULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO.	19
2.1	Lugar y pruebas de estudio	19
2.2	Metodología.	21
2.2.1.	<i>Caracterización de la Moringa oleífera como materia prima.</i>	22
2.2.2	<i>Obtención y caracterización del floculante de moringa.</i>	22
2.2.2.1	<i>Obtención del floculante de moringa.</i>	22
2.2.2.2	<i>Caracterización del floculante de moringa.</i>	23
2.2.3	<i>Muestreo y caracterización inicial de las propiedades del agua residual a trata</i>	28
2.2.4	<i>Pruebas de tratabilidad del agua residual con el floculante de moringa.</i>	28
2.2.4.1	<i>Preparación de soluciones del floculante de moringa.</i>	28
2.2.4.2	<i>Test de jarras</i>	29
2.2.5	<i>Caracterización final de las propiedades del agua residual tratada.</i>	30
2.2.5.1	<i>Técnicas para la caracterización del agua residual inicial y tratada.</i>	30

CAPITULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS	33
3.1	Resultados.....	33
3.1.1	<i>Caracterización de la moringa oleífera como materia prima.</i>	33
3.1.2	<i>Obtención y caracterización del floculante de moringa.</i>	33
3.1.2.1	<i>Obtención del floculante de moringa.....</i>	33
3.1.2.1.1	<i>Limpieza de las semillas.....</i>	34
3.1.2.1.2	<i>Descascarado.....</i>	36
3.1.2.1.3	<i>Molienda y tamizado.....</i>	36
3.1.2.1.3.1	<i>Molienda</i>	36
3.1.2.1.3.2	<i>Tamizado.....</i>	37
3.1.2.1.4	<i>Extracción de grasa.</i>	39
3.1.2.1.5	<i>Secado.</i>	40
3.1.2.1.6	<i>Rendimiento del proceso.</i>	42
3.1.2.2	<i>Caracterización del floculante de moringa oleífera.</i>	42
3.1.3	<i>Caracterización inicial del agua residual.....</i>	43
3.1.4	<i>Pruebas de tratabilidad</i>	44
3.1.4.1	<i>Estudio estadístico. Determinación de la concentración adecuada de floculante de Moringa oleífera.</i>	47
3.1.4.2	<i>Pruebas de normalidad.....</i>	53
3.1.4.3	<i>Determinación del volumen preciso del floculante de moringa oleífera.</i>	54
3.1.4.3.1	<i>Remoción de turbidez.....</i>	54
3.1.4.3.2	<i>Remoción de color.....</i>	56
3.1.5	<i>Caracterización del agua residual tratada con el floculante de Moringa oleífera.</i>	57
3.1.6	<i>Evaluación de la eficiencia del floculante de Moringa oleífera.</i>	58
3.1.6.1	<i>pH</i>	58
3.1.6.2	<i>Conductividad.....</i>	59
3.1.6.3	<i>Color.....</i>	60

3.1.6.4	<i>Turbiedad</i>	61
3.1.6.5	<i>Fosfatos</i>	62
3.1.6.6	<i>Nitrógeno amoniacal</i>	63
3.1.6.7	<i>Demanda química de oxígeno</i>	64
3.1.6.8	<i>Demanda bioquímica de oxígeno</i>	65
3.1.6.9	<i>Sólidos totales</i>	66
3.1.6.10	<i>Coliformes fecales</i>	67
3.2.	Discusión de resultados	70
 CONCLUSIONES		75
RECOMENDACIONES		76
GLOSARIO		
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Clasificación taxonómica de la <i>Moringa oleífera</i>	7
Tabla 2-1:	Factores que afectan la coagulación.	12
Tabla 3-1:	Ejemplos de floculantes naturales.	14
Tabla 4-1:	Características de las aguas residuales.	16
Tabla 1-2:	Obtención y caracterización del floculante de <i>Moringa oleífera</i>	20
Tabla 2-2:	Muestreo y caracterización inicial del agua residual a tratar.....	21
Tabla 3-2:	Pruebas de tratabilidad y caracterización del agua residual tratada con el floculante.....	21
Tabla 4-2:	Determinación del porcentaje de humedad.....	23
Tabla 5-2:	Determinación del porcentaje de ceniza.	24
Tabla 6-2:	Determinación del porcentaje de fibra.....	25
Tabla 7-2:	Determinación del porcentaje de proteína.	26
Tabla 8-2:	Determinación del porcentaje de grasa.....	26
Tabla 9-2:	Determinación de carbohidratos totales.	27
Tabla 10-2:	Determinación de la turbidez.....	30
Tabla 11-2:	Determinación de color.....	30
Tabla 12-2:	Determinación del valor de pH.....	31
Tabla 13-2:	Determinación de la conductividad.	32
Tabla 14-2:	Determinación de DQO.....	32
Tabla 1-3:	Caracterización de las semillas de <i>Moringa oleífera</i>	33
Tabla 2-3:	Resultados obtenidos en el proceso de obtención de floculante de <i>Moringa oleífera</i>	41
Tabla 3-3:	Resultados de color y turbidez para elegir el mejor lote	43
Tabla 4-3:	Análisis proximal del floculante de <i>Moringa oleífera</i>	43
Tabla 5-3:	Caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua residual, muestra cruda.....	44
Tabla 6-3:	Resultados de color y turbidez obtenidos en las pruebas de tratabilidad.....	45
Tabla 7-3:	Valores iniciales de turbidez y color del agua residual cruda.	46

Tabla 8-3:	Porcentaje de remoción de turbidez y color en el agua residual tratada.....	46
Tabla 9-3:	Estadística descriptiva. Porcentaje de remoción de turbidez.....	48
Tabla 10-3:	Estadística Descriptiva. Porcentaje de remoción de color.....	51
Tabla 11-3:	Pruebas de normalidad para el porcentaje de remoción de turbidez.....	53
Tabla 12-3:	Pruebas de normalidad para el porcentaje de remoción de color.....	54
Tabla 13-3:	Resultados de remoción de turbidez del floculante de <i>Moringa oleífera</i> a una concentración del 3%.....	54
Tabla 14-3:	Resultados de remoción de color del floculante de <i>Moringa oleífera</i> a una concentración del 3%.....	56
Tabla 15-3:	Caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua residual, muestra tratada.....	57
Tabla 16-3:	Eficiencia del floculante en base al pH del agua residual tratada.....	58
Tabla 17-3:	Eficiencia del floculante en base a la conductividad del agua residual tratada. ..	59
Tabla 18-3:	Eficiencia del floculante en base al color del agua residual tratada.	60
Tabla 19-3:	Eficiencia del floculante en base a la turbiedad del agua residual tratada.....	61
Tabla 20-3:	Eficiencia del floculante en base a los fosfatos del agua residual tratada.	62
Tabla 21-3:	Eficiencia del floculante en base al nitrógeno amoniacal del agua residual tratada.....	63
Tabla 22-3:	Eficiencia del floculante en base a la DQO del agua residual tratada.	64
Tabla 23-3:	Eficiencia del floculante en base a la DBO ₅ del agua residual tratada.	65
Tabla 24-3:	Eficiencia del floculante en base a los sólidos totales del agua tratada.....	66
Tabla 25-3:	Eficiencia del floculante en base a los coliformes fecales del agua residual tratada.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Coagulación	10
Figura 2-1: Atrapamiento de las partículas en un floc	11
Figura 1-2: Localización geográfica de la empresa florícola “La Esperanza”.....	19
Figura 2-2: Localización geográfica de los laboratorios de la Facultad de Ciencias.....	20
Figura 3-2: Proceso para obtener el floculante de <i>Moringa oleífera</i>	23
Figura 4-2: Ensayo de la prueba de jarras.....	29

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Proceso de obtención de floculante de <i>Moringa oleífera</i>	34
Gráfico 2-3:	Porcentaje de remocion de turbidez a diferentes concentraciones del floculante.	50
Gráfico 3-3:	Porcentaje de remocion de turbidez a diferentes concentraciones del floculante.	53
Gráfico 4-3:	Porcentaje de remoción de turbidez del floculante de <i>Moringa oleífera</i> a una concentración del 3%.....	55
Gráfico 5-3:	Porcentaje de remoción de color del floculante de <i>Moringa oleífera</i> a una concentración del 3%.....	57
Gráfico 6-3:	Eficiencia del floculante de <i>Moringa oleífera</i> para el pH.	59
Gráfico 7-3:	Eficiencia del floculante de <i>Moringa oleífera</i> para la conductividad.....	60
Gráfico 8-3:	Eficiencia del floculante de <i>Moringa oleífera</i> para el color.....	61
Gráfico 9-3:	Eficiencia del floculante de <i>Moringa oleífera</i> para la turbiedad.	62
Gráfico 10-3:	Eficiencia del floculante de <i>Moringa oleífera</i> para fosfatos.	63
Gráfico 11-3:	Eficiencia del floculante de <i>Moringa oleífera</i> para nitrógeno amoniacal.	64
Gráfico 12-3:	Eficiencia del floculante de <i>Moringa oleífera</i> para DQO.	65
Gráfico 13-3:	Eficiencia del floculante de <i>Moringa oleífera</i> para DBO ₅	66
Gráfico 14-3:	Eficiencia del floculante de <i>Moringa oleífera</i> para sólidos totales.	67
Gráfico 15-3:	Eficiencia del floculante de <i>Moringa oleífera</i> para coliformes fecales.....	68
Gráfico 16-3:	Eficiencia del floculante de <i>Moringa oleífera</i> en diferentes parámetros de agua residual.....	69

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: ANÁLISIS FITOQUÍMICO DEL POLVO DE MORINGA

ANEXO B: ANÁLISIS PROXIMAL DEL FLOCULANTE DE MORINGA

ANEXO C: CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA RESIDUAL, MUESTRA CRUDA

ANEXO D: CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA RESIDUAL, MUESTRA TRATADA

ANEXO E: TABLA 10. LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE. TULSMA

ANEXO F: SELECCIÓN DE MATERIA PRIMA

ANEXO H: EXTRACCIÓN DE GRASA Y PIGMENTO

ANEXO I: SOLUCIONES DE FLOCULANTE DE MORINGA

ANEXO J: PRUEBA DE JARRAS

ANEXO K: RESULTADOS FINALES

RESUMEN

El presente Trabajo de integración curricular tuvo como principal objetivo evaluar la eficiencia de la *Moringa oleífera* como floculante para el tratamiento de aguas residuales florícolas; todas las etapas de este proyecto se realizaron en los laboratorios de química orgánica, procesos industriales y calidad de agua de la facultad de ciencias de la ESPOCH. Para lograr los objetivos propuestos en este trabajo, se realizaron cinco etapas de investigación, estas son: caracterización de la moringa como materia prima, obtención y caracterización del floculante natural, muestreo y caracterización de las propiedades del agua residual cruda, pruebas de tratabilidad con el floculante y caracterización de las propiedades del agua residual tratada. En la caracterización inicial, se realizó un análisis de humedad y un análisis fitoquímico de calcio y hierro, parámetros importantes al momento de realizar este estudio; para la obtención del floculante natural se realizaron una serie de operaciones y procesos industriales como, molienda, tamizado, extracción de grasa y secado, con un rendimiento de proceso de 56,56%; y para la caracterización del floculante se realizó un análisis proximal. Se realizó una prueba de jarras con diferentes dosificaciones del floculante obtenido, dando como resultado final y con la ayuda de un estudio estadístico que la concentración adecuada para lograr el mayor porcentaje de remoción de los parámetros del agua residual florícola es de 3000mg/L. Finalmente realizando una comparación antes y después de aplicar el floculante se obtiene que, los parámetros de turbidez, coliformes fecales, fosfatos, DBO₅ y color fueron los parámetros que más altos porcentajes de remoción tuvieron, con valores de, 90,83%, 79,77%, 71,84%, 65,84% y 62,79% respectivamente. La eficiencia promedio de remoción y ajuste de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos por parte del floculante de *Moringa oleífera* para tratar el agua residual de la florícola “La Esperanza” fue de 67,71%.

Palabras clave: <MORINGA (*Moringa oleífera*) > <FLOCULANTE> <EFICIENCIA>
<AGUA RESIDUAL FLORÍCOLA> <RENDIMIENTO> <COLOR> <TURBIDEZ>
<PARÁMETROS>



25-12-2020
0458-DBRAI-UPT-2020

SUMMARY

The main objective of this curricular integration work was to evaluate the efficiency of *Moringa oleifera* as a flocculant for the treatment of floricultural wastewater. All stages of this project were carried out in the organic chemistry, industrial processes, and water quality laboratories in the Faculty of Sciences at ESPOCH. To achieve the objectives proposed in this work, five research stages were carried out, these are: characterization of moringa as raw material, obtaining and characterizing the natural flocculant, sampling, and characterizing the properties of raw wastewater, treatability tests with the flocculant and characterization of the properties of the treated wastewater. In the initial characterization, a moisture analysis and a phytochemical analysis of calcium and iron were carried out, important parameters at the time of carrying out this study; To obtain the natural flocculant, a series of industrial processes were carried out, such as grinding, sieving, fat extraction and drying, with a process yield of 56.56%; and for the characterization of the flocculant a proximal analysis was performed. A jar test procedure was carried out with different dosages of the flocculant obtained, the final result with the help of a statistical study was that the adequate concentration to achieve the highest percentage of removal of the parameters of the floricultural wastewater is 3000mg / L. Finally, making a comparison before and after applying the flocculant, the results were that the parameters of turbidity, faecal coliforms, phosphates, BOD5 and colour were the parameters that had the highest removal percentages, with values of .90,83%, 79, 77%, 71.84%, 65.84% and 62.79% respectively. The average efficiency of removal and adjustment of physicochemical and microbiological parameters by the *Moringa oleifera* flocculant to treat the wastewater from the “La Esperanza” floriculture was 67.71%.

Key words: <MORINGA (*Moringa oleifera*) > <FLOCCULATING> <EFFICIENCY> <FLFLOWERY RESIDUAL WATER> <PERFORMANCE> <COLOR> <TURBIDITY> <PARAMETERS>

INTRODUCCIÓN

La *Moringa oleífera* es una planta con un sinnúmero de propiedades y beneficios a nivel medicinal, petrolífero, alimenticio, cosmético, entre otros; aunque esta planta es originaria de la India, se ha extendido a nivel de Latinoamérica a gran escala y en Ecuador no es la excepción puesto que tiene un gran potencial de cosecha que va en incremento con el transcurso de los años, especialmente en los climas cálidos en donde esta planta se desarrolla hasta más de 4 metros. Este árbol además de los beneficios ya antes mencionados tiene la propiedad de ser un excelente floculante natural ya que posee un tipo de proteínas denominadas lectinas WSMoL y cMol, las primeras son proteínas que son solubles en agua y posee propiedades antibacterianas de gran eficiencia; el otro tipo de lectinas son las responsables de la propiedad coagulante y floculante de esta planta. Esta parte floculante está dentro de las semillas de la moringa y gracias a estudios se han encontrado resultados excelentes al utilizar las semillas de *Moringa oleífera* para realizar el tratamiento de aguas residuales y superficiales, así como también se utiliza para la potabilización de agua.

En este estudio se va a realizar una investigación de cómo funciona un floculante a partir de la *Moringa oleífera* para tratar aguas residuales de una empresa florícola, evaluando la eficiencia de remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua en estudio. Además de esto, tener un floculante natural para el tratamiento de aguas es una excelente alternativa para ayudar a la sostenibilidad del ambiente, puesto que en la actualidad el mayor problema que tenemos como seres humanos es la contaminación ambiental. La moringa aparte de ser un floculante natural, su aplicación en el agua según otros estudios no tiene repercusión alguna sobre esta, en comparación con los floculantes tradicional que se ocupan como el sulfato de aluminio, este floculante además de presentar cierto grado de contaminación química en el agua tratada también hace que los seres vivos que lleguen a consumir cualquier tipo de agua tratada con este tipo de floculante, lleguen a tener enfermedades gastrointestinales y efectos adversos sobre el sistema nervioso central. Es por esta razón que en esta investigación se propone realizar un floculante de *Moringa oleífera* para tratar aguas residuales, además que el costo de obtención de este tipo de floculantes es sumamente económico, práctico y sencillo de realizar.

En este trabajo de integración curricular se va a realizar la caracterización inicial de la materia prima a través de un estudio fitoquímico para comparar las propiedades iniciales de las semillas de moringa con otros estudios anteriores, luego de esto se va a realizar la obtención del floculante mediante operaciones y procesos unitarios, al obtener el floculante óptimo para la realización eficiente de este estudio se realizara un estudio comparativo de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual florícola antes y después de realizar las pruebas de tratabilidad

con el floculante natural, estas pruebas se van a realizar a través de una prueba de jarras con cambios de velocidad de agitación, primero una velocidad rápida por un determinado período de tiempo y una velocidad lenta por otro período de tiempo; esta prueba se va a realizar con diferentes concentraciones y dosificaciones del floculante obtenido, en donde se medirá a la par el color y la turbidez para así ir identificando que concentración y dosis serán las más óptimas, por otro lado para afianzar los resultados obtenidos en la prueba de jarras a través de la lectura de turbidez y color se va a realizar un estudio estadístico y pruebas de normalidad para así llegar a un resultado eficiente.

Este estudio se va a realizar con el fin de determinar que el floculante natural de moringa es un práctico removedor de los principales parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales que están fuera de los parámetros que dictamina la normativa ambiental vigente, así como también demostrar que el floculante natural puede ser un completo sustituto de los floculantes tradicionales, ya que además de ser amigable con el ambiente, el proceso de obtención es económico y práctico.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad la contaminación ambiental es un problema que se nota a simple vista, uno de los principales factores que afectan a los cuerpos hídricos se debe a la sobrepoblación existente y al acelerado crecimiento industrial los mismos que afectan notablemente la calidad del agua.

Según Banki-moon, Secretario General de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), el 70% del agua es utilizada por el sector agropecuario en diferentes actividades lo que presume una mayor contaminación en sus vertimientos y la consecuente afectación de la calidad de vida vegetal, animal y humana. De otra parte, el sector agroindustrial esta aumentando significativamente, provocando una mayor contaminación debido al proceso y manejo de los residuos industriales que están poniendo en peligro los recursos hídricos, dañando y destruyendo los ecosistemas del mundo entero.

Entre los diferentes compuestos químicos que son utilizados tradicionalmente como floculante en el tratamiento de aguas residuales, el principal compuesto es el sulfato de aluminio, el cual ha demostrado ser un buen coagulante y floculante en cuanto a la remoción de turbidez; sin embargo, es de anotar que el aluminio residual en el agua en caso de ser consumida puede ser nocivo para la salud ya que afecta gravemente el sistema nervioso central. Por lo anterior es preciso implementar nuevas alternativas que permitan que el proceso de tratamiento de aguas residuales se realice sin generar daños al ambiente y a los seres que de él se benefician; es esta la razón por la que se busca evaluar el efecto coagulante y floculante de la *Moringa oleífera* como alternativa para el tratamiento de aguas residuales.

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El uso de coagulantes naturales es muy escaso, la principal razón es la falta de conocimiento de las propiedades de las plantas, sin embargo, la *Moringa oleífera* es una de las principales plantas usadas en esta actividad en países como la India de donde es endémica y donde se descubrió la propiedad de floculante de esta.

La aplicación de harina de semillas de moringa como floculante puede ser una alternativa en el tratamiento primario del agua para consumo humano al remover la carga coloidal del agua, que se mide a través de la turbidez, color y otros parámetros tanto fisicoquímicos como microbiológicos en poblaciones que carecen de un sistema de tratamiento de agua potable o planta de tratamiento de agua residual.

Este proyecto busca utilizar los extractos de semillas de *moringa oleífera* mediante concentraciones estandarizadas para la floculación y coagulación de aguas residuales, con el fin de evaluar la efectividad en el tratamiento de este tipo de aguas, ofreciendo una solución segura, fácil de usar y a muy bajo costo.

OBJETIVOS

Objetivo general:

- Evaluar la eficiencia de la *Moringa oleífera* como floculante para el tratamiento de aguas residuales.

Objetivos específicos:

- Encontrar un proceso adecuado para la obtención del floculante aprovechando totalmente las propiedades floculantes de la moringa.
- Caracterizar las propiedades fisicoquímicas del coagulante natural de *Moringa oleífera*.
- Realizar las pruebas de tratabilidad del agua residual con el floculante natural de moringa.
- Validar el floculante de *Moringa oleífera* durante la etapa de tratamiento de aguas residuales de coagulación- floculación de acuerdo con la normativa ecuatoriana vigente TULSMA Libro VI Anexo 1 Tabla 10.

HIPÓTESIS

Hipótesis General

- Las propiedades de la *Moringa oleífera* remueven los parámetros fisicoquímicos que están fuera de norma en las aguas residuales.

Hipótesis Específicas

- El proceso de obtención del floculante de moringa tiene un rendimiento alto, aprovechando la mayor parte de la materia prima de entrada, con pocos productos residuales.
- Las propiedades floculantes de la planta están en la mayor parte de las semillas siendo muy eficientes para tratar aguas residuales.
- Al realizar la prueba de jarras, el floculante de moringa tiene un porcentaje de remoción de turbidez y color excelente.
- Mediante la investigación de las propiedades de la *Moringa oleífera* se valida esta planta como un floculante natural eficientemente alto, capaz de ser comparado con la normativa ecuatoriana vigente para aguas residuales.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.

1.1 Antecedentes de la investigación.

Desde hace pocos años atrás ha ido aumentando el interés por nuevas alternativas de floculantes no químicos, con el fin de reducir la contaminación química que ha ido en aumento juntamente con la aparición de una nueva industria. Este es el caso de la *Moringa oleífera* que ha demostrado ser un excelente coagulante natural, incluso con una eficiencia mucho mayor que la del Sulfato de Aluminio, el floculante químico más conocido, también teniendo en cuenta que el floculante natural tiene una forma de obtención segura y barata (Echeverría, 2017). La eficiencia de la *Moringa oleífera* como floculante se ha hecho mediante varias investigaciones entre estas podemos citar: en Honduras se dio un estudio sobre la validación de la eficiencia de las semillas de *Moringa oleífera* como floculante, este también se dio por la necesidad de buscar un tratamiento alternativo no químico que tenga un bajo costo y sea seguro para los habitantes del municipio de Moroceli. El estudio se dio en unas muestras tomadas del río Neteapa de dicho municipio el cual consistió en cuatro dosis de floculante de *Moringa oleífera* diferentes en muestras de agua residual que tenían rangos de turbidez de 0-500 NTU, al final se obtuvo una eficiencia de remoción de turbidez de hasta el 98%. (Nuñez, 2007)

En Yucatán, México utilizaron semillas en forma macerado de la *Moringa oleífera* en solución y suspensión para reducir las partículas coloidales de las aguas residuales, estas semillas maceradas estuvieron en el agua durante 5 minutos y mediante absorbancia dieron el resultado que redujeron la turbidez de dicha agua en un 25%. (Morales, Méndez, & Tamayo, 2009).

En México en la localidad de Nacajuca, Tabasco, mediante la prueba de jarras se realizó una comparación entre la eficiencia de las propiedades floculantes de *Moringa oleífera* con la eficiencia del floculante químico Sulfato de aluminio; las muestras fueron tomadas del río Samaria. Los resultados arrojaron que el tratamiento con el sulfato de aluminio dio una remoción de turbidez del 95.60% y color del 98.32%, en cambio con la *Moringa oleífera* dio resultados de remoción de turbidez del 92.03% y 90.72%, estos resultados fueron con la utilización de soluciones con cloruro de sodio y agua de mar puesto que con agua destilado como disolvente se obtuvo una remoción de turbidez del 56.02%. Sin embargo, se puede observar que las primeras cantidades son casi similares al del tratamiento con el floculante químico más usado. (Sandoval & Laines, 2013)

En Managua, Nicaragua, se realizó una investigación de las semillas de *Moringa oleífera* en dos laboratorios, uno de ellos el Laboratorio de Microbiología y Parasitología de la UNAN-Managua y el otro el Laboratorio Nacional de Residuos Biológicos del MAGFOR, este tuvo la finalidad de medir la eficiencia que tiene el floculante natural para el tratamiento del agua, las muestras fueron tomadas del lago de Nicaragua. Al final se obtuvieron resultados satisfactorios puesto que se demostró que el floculante de *moringa oleífera* es capaz de detener el crecimiento de *Salmonella choleraeruis* del grupo C1 en Mac Conkey agar y *Staphylococcus Spp.* en agar sangre, así como *Escherichia coli enteropatógena* en Sorbitol Mac Conkey agar. Además, se llegó a la conclusión que la dosis correcta para aclarar el agua de este lago es de 1000mg/L con un tiempo de exposición del floculante de las semillas de 30 minutos. (Hernández, Niguelie, Gómez, & González, 2016)

En Guayaquil, Ecuador, se hizo un ensayo para determinar las dosificaciones óptimas de pasta de *Moringa* para el tratamiento de aguas residuales o cuerpos de aguas con un alto nivel de turbidez. Los resultados de los ensayos mostraron una respuesta positiva, con una disminución de la turbidez en alrededor del 99,9% en aguas con sólidos totales principalmente inorgánicos y en el agua cruda con un alto rango de carga orgánica llegó a un 92,7%. (Astudillo & Mera, 2017)

1.2 Marco teórico

1.2.1 La moringa.

1.2.1.1 Generalidades

Nombre científico: *Moringa oleífera*

La moringa (*Moringa oleífera*) conocida en algunos lugares por la forma de sus vainas con el nombre de “palo de tambor” es una planta de origen indio, exactamente del norte de este país, aunque hoy en día está por todo el trópico. Esta planta de la familia *Moringáceas* se caracteriza por tener hojas pinnadas, una vaina larga leñosa y flores que poseen un plano de simetría bilateral o zigomorfo. (Velásquez, Peón, Bautista, & Jiménez, 2016)

Esta planta se reproduce por medio de semillas o reproducción asexual, su crecimiento es rápido y soporta largos períodos de sequía, incluso su cultivo se puede dar en suelos con erosión, estos, son árboles que pueden llegar a crecer hasta 4 metros en un año.

1.2.1.2 Taxonomía

Tabla 1-1: Clasificación taxonómica de la *Moringa oleífera*.

Reino	<i>Plantae</i>
División o filum	<i>Magnoliophyta</i>
Subdivisión	<i>Rosidae</i>
Clase	<i>Eudicotyledoneae</i>
Subclase	<i>Magnoliidae</i>
Orden	<i>Brassicales</i>
Familia	<i>Moringácea</i>
Género	<i>Moringa</i>
Especie	<i>M. oleífera</i>
Subespecie	<i>Slender trees</i>

Fuente: (Lopez, 2016)

Realizado por: Toapanta Taípe Dolores, ESPOCH, 2020.

1.2.1.3 Contenido nutricional de la moringa.

La *Moringa oleífera* posee una excelente calidad nutricional en prácticamente todas las partes que componen esta planta.

Hojas: 23% de proteína cruda, digestibilidad de 79%, las hojas tiernas se consumen debido a su contenido de proteínas (5-10%), minerales, beta-carotenos, riboflavinas y vitamina C.

Tallos: 9% de proteína cruda, digestibilidad de 57%.

Flores: en algunos lugares las consumen en tiernas puesto que posee un alto porcentaje de proteína, minerales y vitaminas, en especial la vitamina C.

Semillas: poseen un alto contenido de aceites entre ellos están el ácido palmítico, palmitoleico, esteárico, oleico (con mayor porcentaje), linoleico, araquídico y behémico.

Raíces: juntamente con las flores las raíces poseen pterigospermina, este es un antibiótico conocido por tratar el cólera. (Doménech, Durango, & Ros, 2017)

1.2.1.4 Usos y aplicaciones de la Moringa oleífera

Los usos y beneficios de esta planta son innumerables, de hecho, las comunidades de su país originario la han utilizado tal vez desde hace cientos o miles de años atrás, puesto que todos los componentes de esta planta se pueden utilizar, desde las vainas verdes, hojas, flores hasta sus semillas.

Por ejemplo, de las hojas de esta planta se puede extraer aceite que se utiliza en la cocina, así como también en las industrias de cosmética y de combustibles, además estas semillas son comestibles puesto que poseen muchas proteínas, aminoácidos y vitaminas A y C en grandes cantidades. (Mark & Jed, 2011)

Entre los usos y aplicaciones más importantes tenemos:

1.2.1.4.1 Usos industriales

A nivel industrial se utiliza la pulpa para hacer papel prensa y papel celofán y algunos textiles como felpudos; de la corteza se extrae una goma para poder obtener taninos para la utilización de las empresas de curtiembre, además también las hojas se las puede utilizar para la obtención de biogás.

Otra aplicación importante de la moringa a nivel industrial es la utilización de su aceite para obtener biodiesel a partir de una transesterificación con metanol, el resultado es eficiente puesto que el número de cetano obtenido es uno de los más altos para este tipo de combustible. (Villareal & Ortega, 2014)

1.2.1.4.2 Usos cosméticos

En la industria cosmética, la moringa ha sido un gran aliado, puesto que de la extracción del aceite de sus semillas se han visto grandes beneficios de este sobre la piel, este aceite es utilizado comúnmente como tópico cutáneo. Un estudio realizado por (Kleiman, Ashley, & Brown, 2008) en donde realizan una comparación entre el aceite extraído de la moringa y otro de marula, un aceite vegetal muy conocido y codiciado, dieron a notar una gran diferencia en la composición de ácidos grasos y la estabilidad oxidativa; la *Moringa oleífera* obtuvo un índice de estabilidad de 133 horas mientras que el de marula solo fueron 37 horas, ambos se realizaron a una temperatura de 137°C, como conclusión se puede decir que el aceite de moringa es realmente efectivo para la piel puesto que posee una estabilidad mucho mayor que otros aceites vegetales y una gran resistencia a la oxidación. (Kleiman, Ashley, & Brown, 2008)

1.2.1.4.3 Usos medicinales

A nivel medicinal se puede decir que son las hojas las que sobresalen en este ámbito, puesto que se afirma que estas tienen propiedades purgativas, y se las utiliza en forma de cremas para tratar heridas, además se utiliza para el dolor de cabeza, hemorroides, dolor de garganta y otro tipo de infecciones no muy graves. Otro uso que se le da a las hojas es en forma de jugo, este se cree que puede controlar los niveles de glucosa. (Villareal & Ortega, 2014)

Algunas propiedades farmacológicas de la moringa son antiinflamatorio, antimicrobiano, cicatrizante febrífugo, estimulante expectorante y en algunas ocasiones también se le atribuye la propiedad de ser un abortivo.

1.2.1.4.4 Usos alimenticios

A nivel alimenticio la parte de la planta que sobresale es sin duda las semillas, puesto que estas poseen aminoácidos vitaminas y minerales en muy buenas cantidades son muy nutritivas. De las semillas se puede extraer un aceite para cocina de gran calidad nutricional, puesto que posee en su estructura omega 3 y 6; además se la puede utilizar en forma de harina para un sinnúmero de aplicaciones alimenticias, además las propiedades coagulantes que estas presentan pueden ser un sustituto para el cuajo en la realización de quesos (Doménech, Durango, & Ros, 2017); otra forma en que se puede consumir las semillas es de forma tostada, teniendo un sabor similar a una nuez.

Las hojas también se las puede consumir en forma triturada para realizar infusiones o también como vainas verdes para la sazón de sopas y ensaladas. puesto que la moringa tiene grandes cualidades nutritivas puesto que se aduce según estudios que tiene igual cantidad de proteína que el huevo (30-50%) y superior a cualquier otro vegetal además posee más vitamina A y C que la zanahoria y naranja, más calcio que la leche, más potasio que el plátano, más hierro que la espinaca e inclusive más proteína (30-50% en hojas secas) que cualquier otro vegetal, se considera que su consumo es sin duda una gran garantía de una alimentación balanceada y sin duda una gran fuente de energía para quien lo haga. (Doménech, Durango, & Ros, 2017)

1.2.2 Coagulación y floculación.

Los procesos de coagulación y floculación son métodos realmente importantes en el tratamiento y potabilización de agua de cualquier índole, puesto que este método es muy útil al momento de remover las partículas suspendidas en el agua, estas son el tipo de partículas que siempre se encuentran presentes en el agua. (Cabrera, Fleites, & Contreras, 2009)

1.2.2.1 Coagulación

La coagulación es el proceso en donde las partículas coloidales presentes en el agua sufren una desestabilización química por la adición de determinados aditivos químicos llamados floculantes con el fin de sedimentar estas partículas no sedimentables a través de la formación de flóculos. (Vargas, 2018)

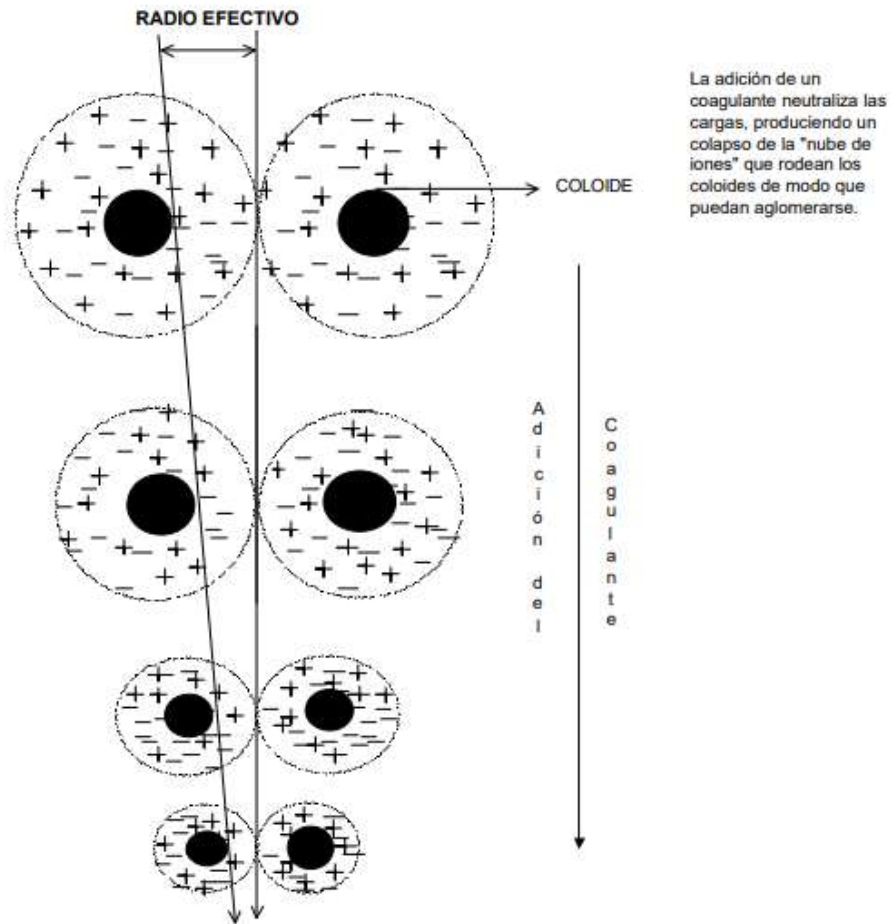


Figura 1-1: Coagulación

Fuente: (Vargas, 2018)

1.2.2.1.1 Mecanismo de la coagulación.

Para la desestabilización de la materia coloidal, el proceso de coagulación puede darse por cualquiera de estos 4 mecanismos:

- a) **Compresión de la doble capa.** - Al aproximarse las partículas coloidales entre sí, sus capas difusas interactúan generando una fuerza de repulsión, esta fuerza posee un potencial llamado potencial ZETA, que depende de la distancia a la que se encuentren entre partículas, el potencial baja conforme se vaya añadiendo el coagulante puesto que este coagulante posee iones de carga opuesta, es decir la neutraliza. (Andía, 2000)
- b) **Absorción y Neutralización de cargas:** La formación de la primera capa adherida al coloide se da porque en la superficie los coloides poseen carga negativa, atrayendo así los iones positivos que se encuentran en el agua y formando así la capa. La neutralización se da por la anulación del potencial Zeta, por la adición del coagulante y gracias a la inserción de energía de una fuerza externa como, por ejemplo, una agitación mecánica o hidráulica. (Andía, 2000)
- c) **Atrapamiento de partículas dentro de un precipitado:** Al añadir el floculante los coloides se desestabilizan y se atrapan en un floc, por lo general estos coagulantes pueden ser el sulfato de aluminio o el cloruro férrico con el primero el floc que se forma es $\text{Al}(\text{OH})_3$ y con el segundo se forma $\text{Fe}(\text{OH})_3$. hay que tener en cuenta que mientras más alta sea la concentración de coloides, esta puede requerir menos materia coagulante. (Vargas, 2018)

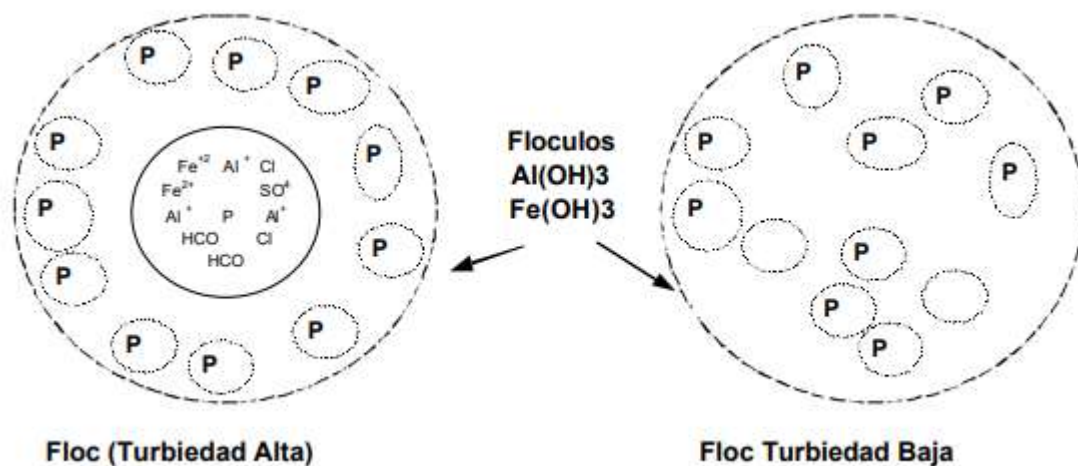


Figura 2-1: Atrapamiento de las partículas en un floc

Fuente: (Lorenzo, 2006)

d) Adsorción y puente: La teoría del puente se puede explicar diciendo que las moléculas del polímero que son muy largas pueden absorber en una de sus extremidades las partículas coloidales puesto que poseen grupos químicos capaces de realizar este proceso; las otras partes del polímero quedan libres para absorber cualquier otra partícula. Hay que tener en cuenta que El tratamiento más económico es todo aquel que utilice un polímero aniónico. (Andía, 2000)

Tabla 2-1: Factores que afectan la coagulación.

pH	Es la variable más importante a tener en cuenta, depende de la naturaleza de los iones y la alcalinidad. Existe un pH óptimo para cada agua.
Turbidez	A mayor turbidez, mayor debe ser la cantidad de coagulante a aplicar.
Sales disueltas	Modifican el rango de pH óptimo, tiempo y cantidad de coagulante requerido, residuos.
Temperatura	La variación de temperatura hace que se creen corrientes de densidad que afectan la energía cinética de los coloides, haciendo más lenta la coagulación
Dosis del coagulante	Poca: no neutraliza totalmente el coloide Mucha: produce la inversión de la carga del coloide.
Condiciones de mezcla	Debe ser homogénea e intensa, si no es uniforme hace que solo una parte posea la mayor o toda la cantidad del coagulante.
Forma de aplicación del coagulante	Debe ser constante y uniforme
Color	Este parámetro es directamente proporcional al pH, si baja el color también baja el pH.

Fuente: (Andía, 2000)

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

1.2.2.2. Floculación

La floculación es un tipo de tratamiento secundario de aguas residuales en donde se añade un floculante sea este natural o sintético al agua residual a tratar, la acción de este floculante hace que las partículas pequeñas suspendidas en el agua residual se vayan uniendo unas con otras hasta formar flóculos, cuyo peso específico es mayor al del agua, por tanto estas masas aglutinadas descienden hasta el fondo del recipiente que contenga el agua residual para posteriormente seguir con el tratamiento terciario elegido. Este proceso se lo utiliza principalmente para remover turbidez, color verdadero y aparente, eliminación de bacterias, virus, organismos patógenos, algas y plancton en general. (Lorenzo, 2006)

1.2.2.2.1 Teoría de la floculación.

La floculación es orto cinética, es decir, que una energía puede ser inducida a la muestra líquida que se va a tratar mediante fuerzas externas como las paletas giratorias, en donde las partículas suspendidas se ponen en contacto con el floculante mediante el movimiento del fluido o pericinética. Al adicionar el floculante al agua a tratar se forman flóculos, pero es necesario una agitación homogénea y lenta para ayudar al engrosamiento de este, así aumenta su peso específico, su volumen y su cohesión. Las partículas que ya tienen un mayor peso específico caen por la acción de la gravedad en donde se aglomeran y el contacto unas con otras es producido por el movimiento Browniano.

La formación de los flóculos se da mediante la colisión entre partículas, puesto que cuando superficies sólidas se acercan entre ellas, las fuerzas de Van der Waals predominan sobre las fuerzas de repulsión, puesto que la formación de flóculos hace que se reduzca la carga eléctrica y por ende disminuya la repulsión eléctrica.

1.2.3 Tipos de floculantes

Los floculantes se dividen en sintéticos y naturales, a continuación, una breve descripción:

1.2.3.1 Floculantes sintéticos

Estos se dividen en dos grupos:

Coagulantes metálicos: Entre estos coagulantes tenemos el sulfato de aluminio, sulfato férrico, sulfato ferroso, cloruro férrico y aluminato de sodio. Este tipo de coagulantes han sido los más

utilizados durante varios años, estos forman compuestos complejos hidratados, en otras palabras, atrapan la partícula coloidal en un floc. (Guzman, Villabona, Tejana, & García, 2013)

Coagulantes polielectrolitos: Este tipo de polímeros poseen un gran tamaño molecular, su carga eléctrica es neta, poseen una alta eficiencia en el tratamiento de aguas de diversos pH, y por ende también es muy costoso este tipo de floculante y se los utiliza juntamente con floculantes metálicos.

Estos coagulantes a su vez se subclasifican debido a su carga en:

- Catiónicos: de carga positiva, estos forman aniones cuando son agregados al agua a tratar y así pueden remover las coloides de carga negativa. Neutralizan el coloide. Su eficacia es a pH bajo.
- Aniónicos: de carga negativa, cuando son añadidos al agua a tratar forman cationes que permiten neutralizar los coloides de carga positiva. Su mayor eficacia es a pH alto.
- Neutros: al añadir el floculante al agua este crea cationes y aniones, pero para obtener un rendimiento óptimo se necesitan cantidades de floculante mucho mayores que los dos anteriores. (Guzman, Villabona, Tejana, & García, 2013)

1.2.3.2 Floculantes naturales

Este tipo de floculantes como su nombre lo indica se lo extrae mayoritariamente de materia natural como las plantas, estas deben tener en su composición altas cantidades de carbohidratos y proteínas. Estos tienen una gran ventaja sobre los sintéticos, una de sus ventajas es que no presentan ningún tipo de peligro para el ser humano o los animales y otro es su bajo costo de producción. (Vargas, 2018)

Tabla 3-1: Ejemplos de floculantes naturales.

Nombre	Obtención	Origen
Semillas de nirmali	<i>Strychnos potatorum</i>	vegetal
Algarrobo	Corteza del árbol de algarrobo <i>Schinopsis Lorentzii</i>	vegetal

Gelatina común	Residuos de partes de animales que poseen colágeno	animal
Tuna	Hojas de la variedad <i>Opuntia ficus indica</i>	vegetal
Goma de guar	Semillas de <i>Cyanopsis psorolioides</i>	Vegetal
Alginato de sodio	Algas pardas marinas	Vegetal
Almidones	Maíz	Vegetal
	Yuca	
	Papa	
	Trigo	
Moringa	Semillas de <i>Moringa oleífera</i>	Vegetal

Fuente: (Vargas, 2018)

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

1.2.4 Aguas residuales

Las aguas residuales son aquellas que tienen composición variada, puesto que son una mezcla de aguas provenientes de descargas municipales, industriales, agroindustriales, domésticos o de cualquier otro uso que haya sufrido degradación en su calidad original. (TULSMA Libro VI Anexo 1, 2018)

La determinación de la calidad del agua se hace mediante la comparación de características fisicoquímicas y microbiológicas de una muestra de agua con los estándares de la norma técnica de calidad. Los parámetros y estándares permisibles para la descarga de aguas residuales en efluentes se encuentran en el Libro VI, Anexo I del TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente).

Tabla 4-1: Características de las aguas residuales.

Organolépticas	Físicas	Químicas	Biológicas
<ul style="list-style-type: none"> • Color • Sabor • Olor 	<ul style="list-style-type: none"> • Sólidos: totales, disueltos, suspendidos y sedimentables • Turbiedad • Temperatura • Conductividad 	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Acidez • Alcalinidad • Componentes orgánicos: carbohidratos, grasas y aceites • Componentes inorgánicos: Nitrógeno, fosforo y sulfuros • Indicadores de contaminación orgánica (DBO, DQO, carbono total, metano y O₂ disuelto) 	<ul style="list-style-type: none"> • Coliformes totales: bacterias, hongos y algas • Coliformes fecales

Fuente: (TULSMA Libro VI Anexo 1, 2018)

Realizado por: Toapanta Taípe Dolores, ESPOCH, 2020.

1.2.4.1 Tratamiento De Aguas Residuales.

Este proceso consiste en la unión de varias operaciones, estas pueden ser físicas, químicas o microbiológicas con el objetivo de eliminar cualquier característica del agua que este fuera de su valor estándar para ser incorporado nuevamente a un efluente de acuerdo con la normativa vigente para de una u otra manera mejorar la calidad del agua. (Vargas, 2018)

1.2.4.1.1 Etapas del tratamiento del agua residual

- Tratamiento preliminar

Este pretratamiento consiste en controlar el tipo de agua que va a ingresar a la planta, para así proteger las instalaciones y equipos que van a utilizar esta agua; en este tipo de tratamiento se pueden utilizar rejillas o cribas que sirven para separar partículas de un tamaño grande del agua que va a ingresar-

- Tratamiento primario

En esta etapa se utilizan medios químicos o naturales que ayuden que los coloides o materia suspendida, sedimenten, para esto se puede utilizar grandes piscinas haciendo que estos sólidos precipiten por sí solos o también con la ayuda de aditivos químicos o naturales

- Tratamiento secundario

En esta etapa se tratan los coloides que no han sido retirados en el tratamiento primario, el más conocido de estos tratamientos es la floculación, el cual hace que la materia caiga al fondo del recipiente gracias a la creación de flóculos con un peso mucho mayor que el del agua.

- Tratamiento terciario

Este tratamiento también es conocido como el biológico, este trata de eliminar toda la materia biológica que se encuentre en el agua, con la ayuda de lodos activados u otros mecanismos. Al final el residuo de lodos que quede es utilizado como abono en la industria agrícola.

1.2.5 Test de jarras

Este es el tratamiento más utilizado a nivel de laboratorio para simular los tratamientos de agua residual secundario como la coagulación, floculación y sedimentación, este método consiste en utilizar recipientes que son denominados jarras con diferentes dosis de un floculante en donde a velocidades similares de agitación buscan la concentración óptima capaz de flocular eficazmente el agua. (Lorenzo, 2006)

El equipo con el que se lleva a cabo la prueba de jarras está compuesto por seis ejes giratorios y en la base de cada uno de ellos se encuentra una paleta, en la cual giran simultáneamente el agua residual que se está tratando con la solución floculante, tanto la velocidad como el tiempo con el que giran las paletas puede ser modificado de acuerdo con los requerimientos de la persona a

cargo. Por lo general estas paletas giran a 120rpm en un minuto, 40rpm en 15 minutos y al final descansa 15 minutos. (Acevedo, 2019)

1.2.5.1 Interferencias en el test de jarras

Hay que tener en cuenta ciertas interferencias que podrían hacer que la eficiencia del tratamiento experimental no sea eficaz, estas son:

- Variación de la temperatura del agua: al haber cambios en la temperatura puede provocar corrientes de convección, alterando así la sedimentación de los flóculos.
- Intercambio gaseoso: la agitación mecánica de las paletas puede dar lugar a la formación de burbujas, cambio de temperatura u otras reacciones químicas que podrían provocar la flotación de los flóculos formados.
- Periodo transcurrido entre la toma de muestras y el ensayo: el momento entre la toma de muestras y el desarrollo del ensayo debe ser casi instantáneo puesto que la actividad biológica, las diferentes reacciones fisicoquímicas y la oxidación de sustancias que se desarrollan en el agua, afectan de una u otra manera la prueba de coagulación-floculación y sedimentación que se requiere ensayar con este test. (Acevedo, 2019)

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Lugar y pruebas de estudio

La parte experimental de este Trabajo de Integración Curricular se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias en los laboratorios de Química orgánica (extracción de grasa y pigmentos); laboratorio de Calidad de agua (análisis proximal, análisis de tratabilidad de agua y prueba de jarras); y en el laboratorio de operaciones unitarias (molienda y tamizado), de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ubicada en la ciudad de Riobamba en la Panamericana Sur, km 1¹/₂ de coordenadas 78°40'20". Las muestras de agua residual fueron tomadas de la empresa florícola "La Esperanza", ubicada en la provincia de Cotopaxi en la Panamericana Norte, km 12 de la vía Latacunga – Quito, sector La Piedra Colorada, desvío a Joseguango Bajo.



Figura 1-2: Localización geográfica de la empresa florícola "La Esperanza"

Fuente: Google Maps, 2020.



Figura 2-2: Localización geográfica de los laboratorios de la Facultad de Ciencias.

Fuente: Google Maps, 2020.

A continuación, se detalla los procesos que se realizaron para la parte experimental de este Trabajo de Integración Curricular, así como también los diferentes equipos, materiales e insumos que se utilizaron para la realización de este.

Tabla 1-2: Obtención y caracterización del floculante de *Moringa oleífera*.

EQUIPOS	MATERIALES
Molino de tornillos	Tamices de 250um
Sistema extractor Soxhlet	Espátula
Balanza analítica	Vasos de precipitación de 250ml
Estufa	Probetas de 50 y 100ml
Mufla	Pera
desecador	Papel filtro
Digestor de fibra	Vidrio reloj
Aparato de destilación y digestión Macro	Mortero y pistilo
Kjendahl	

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

Tabla 2-2: Muestreo y caracterización inicial del agua residual a tratar

EQUIPOS	MATERIALES
Turbidímetro	Vasos de precipitación
Colorímetro	Probetas
Fotómetro	Espátula
Baño maría	Piseta
Estufa	Envases de plástico
Digestor DBO5	Cajas Petri
Balanza analítica	
Digestor DQO	
Multiparámetro	

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

Tabla 3-2: Pruebas de tratabilidad y caracterización del agua residual tratada con el floculante

EQUIPOS	MATERIALES
Test de jarras	Vasos de precipitación
Fotómetro	Probeta
Digestor DBO5	Piseta
Turbidímetro	Cajas Petri
Baño maría	Envases de plástico
Digestor DQO	Balón de aforo
Multiparámetro	Varilla de agitación
Estufa	Media nylon
Balanza analítica	

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

2.2 Metodología.

La investigación que se llevó a cabo en este trabajo de integración curricular es de tipo exploratoria y descriptiva por las siguientes razones:

- Exploratoria: Se da este tipo de investigación puesto que hay que explorar, investigar y detectar variables, así como también relaciones y condiciones que relacionen directamente el fenómeno de interés; en esta investigación se explora la concentración y dosificación adecuada del floculante natural de moringa para un cierto volumen de agua residual para una eficaz remoción de turbidez, color y otros parámetros.
- Descriptiva: Este tipo de investigación permite describir las características más importantes que van apareciendo en el proceso y también la variabilidad de su comportamiento; en esta investigación se describe el comportamiento que va tomando el agua residual luego de aplicar el coagulante de *Moringa oleífera*, puesto que van alterando las propiedades fisicoquímicas iniciales del agua residual que se va a utilizar para este estudio, en especial el color y turbidez que son las propiedades que se van a medir en conjunto mientras se va realizando la prueba de jarras.

La metodología que se utilizó para la evaluación de la eficiencia del floculante de la *Moringa oleífera* es la siguiente:

1. Caracterización de la moringa como materia prima.
2. Obtención y caracterización del floculante de moringa.
3. Muestreo y caracterización inicial de las propiedades del agua residual a tratar
4. Pruebas de tratabilidad del agua residual con el floculante de moringa.
5. Caracterización final de las propiedades del agua residual tratada.

2.2.1. Caracterización de la Moringa oleífera como materia prima.

Para la selección de la materia prima, se trató de conseguir semillas de moringa del mismo diámetro, unas que sean grandes y estén completamente secas para que la humedad no sea un factor en contra al momento de realizar la reducción de tamaño de estas, además se realizó un análisis fitoquímico para detectar la humedad, grasa y metales como el Calcio y el Hierro con la finalidad de realizar una comparación mediante revisión bibliográfica con otros estudios.

2.2.2 Obtención y caracterización del floculante de moringa.

2.2.2.1 Obtención del floculante de moringa.

Para la obtención del floculante se utilizó 1200 gramos de semillas secas de *Moringa oleífera*, las mismas se consiguieron en la ciudad de Guayaquil, en donde el clima es óptimo para la cosecha de esta planta. A continuación, en la figura 1-2, se detalla el proceso de obtención del floculante de moringa.

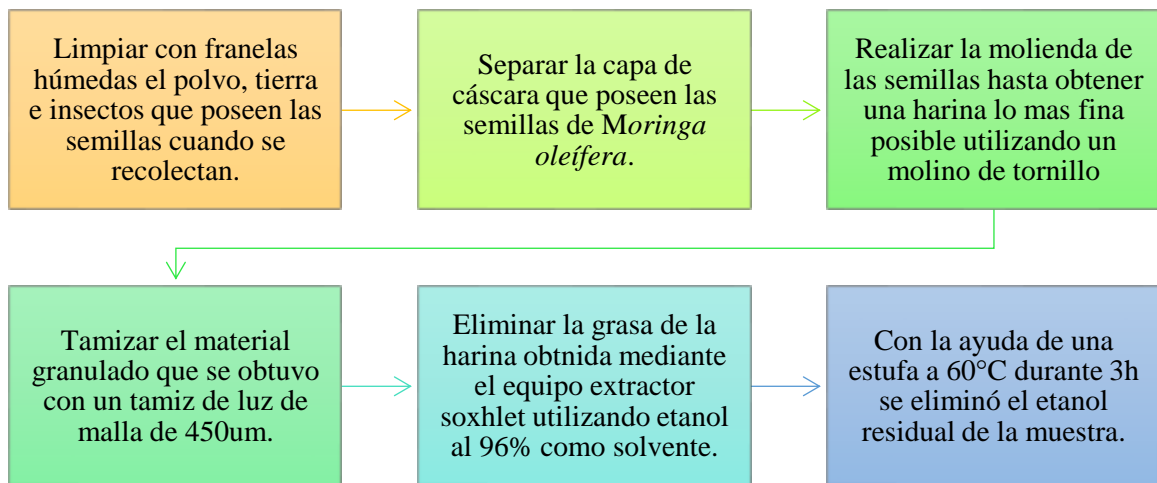


Figura 3-2: Proceso para obtener el floculante de *Moringa oleífera*.

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

2.2.2.2 Caracterización del floculante de moringa.

Para realizar el análisis proximal del floculante de *Moringa oleífera* se extrajeron 10 gramos de este, el análisis se realizó en el laboratorio de calidad de agua de la facultad de ciencias. En este análisis se determinó el porcentaje de humedad, ceniza, fibra, proteína, grasa y carbohidratos totales del floculante de moringa. A continuación, se detalla las técnicas de laboratorio que se usaron para realizar dichos análisis.

Tabla 4-2: Determinación del porcentaje de humedad.

Equipos	Materiales	Procedimiento	Calculo
Estufa Desecador Balanza analítica	Cápsula de porcelana Pinzas	<p>Pesar 1 gramo de muestra.</p> <p>Pesar una capsula tarada.</p> <p>En la cápsula tarada colocar 1 gramo de la muestra.</p> <p>Pesar la cápsula tarada con la muestra.</p> <p>Colocar la cápsula tarada con la muestra en una estufa a 600°C por 12 horas.</p>	$\%H = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} * 100$ <p>Donde:</p> <p>C = porcentaje de ceniza</p> <p>W1= peso cápsula tarada</p>

		<p>Al sacar de la estufa con la ayuda de pinzas.</p> <p>Colocar en un desecador por 30 minutos.</p> <p>Pesar el resultado.</p>	<p>W2= peso cápsula con la muestra húmeda.</p> <p>W3= Peso de la cápsula con la muestra seca.</p>
--	--	--	---

Fuente: NTE INEN 518

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

Tabla 5-2: Determinación del porcentaje de ceniza.

Equipos	Materiales	Procedimiento	Calculo
<p>Mufla</p> <p>Desecador</p> <p>Balanza analítica</p>	<p>Crisol</p> <p>Pinzas para crisol</p>	<p>Pesar 1g de la muestra.</p> <p>Pesar el crisol tarado.</p> <p>Pesar el crisol con la muestra húmeda.</p> <p>Calcinar en la plancha pre calcinadora el crisol tarado con la muestra húmeda.</p> <p>Colocar el crisol con la muestra calcinada en la mufla a 5500°C durante 4 horas.</p> <p>Colocar en el desecador para que se enfríe. durante 1 hora.</p> <p>Pesar el resultado.</p>	$\%C = \frac{W_3 - W_1}{W_2 - W_1} * 100$ <p>Donde:</p> <p>C = porcentaje de ceniza</p> <p>W1= peso del crisol solo</p> <p>W2= peso del crisol con la muestra húmeda</p> <p>W3= peso del crisol con la muestra incinerada.</p>

Fuente: NTE INEN 520

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

Tabla 6-2: Determinación del porcentaje de fibra.

Equipo	Materiales	Procedimiento	Cálculo
Digestor de fibra LABCONCO Balanza analítica Equipo de bomba de vacío Desecador Estufa	Beakers de 600ml Probetas de 25 y 200ml Crisol de gooch Lana de vidrio Vaso de precipitación de 500ml Pisetas Pinza para crisol	<p>Pesar una lámina de papel aluminio.</p> <p>Pesar 1g de muestra en papel aluminio.</p> <p>Colocar en un beaker</p> <p>Colocar 200ml de ácido sulfúrico al 7% y 2ml de alcohol n-amílico.</p> <p>Reposar por 25 minutos con la perilla regulada a 7.</p> <p>Después añadir 20ml de hidróxido de sodio al 22% por 30 minutos.</p> <p>Filtrar la solución usando el equipo de bomba al vacío.</p> <p>Lavar con 200ml de agua.</p> <p>Pesar los crisoles vacíos.</p> <p>Colocar en la estufa los crisoles con la muestra húmeda por 8 horas a 1050°C.</p> <p>Enfriar en el desecador por 1 hora.</p> <p>Pesar el resultado obtenido.</p> <p>Colocar en la mufla este resultado por 4 horas a 6000°C.</p> <p>Enfriar en el desecador por 1 hora.</p> <p>Pesar el resultado.</p>	$\%F = \frac{W_3 - W_1}{W_2 - W_1} * 100$ <p>Donde:</p> <p>F= porcentaje de fibra.</p> <p>W1= peso del papel aluminio solo.</p> <p>W2= peso del papel aluminio más la muestra húmeda.</p> <p>W3= peso del crisol más la muestra seca</p> <p>W4= peso del crisol más la ceniza.</p>

Fuente: NTE INEN 522

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

Tabla 7-2: Determinación del porcentaje de proteína.

Equipos	Materiales	Procedimiento	Cálculo
Aparato de destilación y digestión Macro Kjendahl	Balones Kjendahl de 1000ml Buretas Probetas Erlenmeyer de 500ml Soporte universal agitador	Pesar 1g de muestra. En un balón de 100ml colocar 1g de muestra, 9g de Na ₂ S ₂ O ₄ , 1g de CuSO ₄ y 25ml de H ₂ SO ₄ . Poner la solución en el equipo Kjendahl a ebullición por 40 minutos. Enfriar. Adicionar 200ml de agua destilada, 3 lentejas de zinc y 100ml de NaOH. Destilar. Colectar en 100ml de ácido bórico al 2,5%.	$\%P = \frac{F * 0.014 * 6.35 * 100 * mlgasto}{W_2 - W_1}$ <p>Donde: F= Factor del HCl a 0.1N estandarizado. W₂= peso del papel con la muestra W₁= peso del papel solo</p>

Fuente: NTE INEN 1670

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

Tabla 8-2: Determinación del porcentaje de grasa.

Equipos	Materiales	Procedimiento	Cálculo
Aparato de Goldfish Balanza analítica Esterilizador Estufa Desecador	Beaker para grasa Parta dedales Vaso de recuperación de solvente	Pesar 1g de muestra Secar en la estufa a 1050°C por 12 horas.	$\%G = \frac{W_4 - W_3}{W_2 - W_1} * 100$ <p>Donde: G= porcentaje de grasa.</p>

	<p>Papel filtro</p> <p>Espátula</p> <p>Pinza universal</p>	<p>Enfriar en el desecador por 30 minutos.</p> <p>Pesar el papel con la muestra seca</p> <p>Desengrasar a 900°C por 1 hora-</p> <p>Colocar en la estufa por 4 horas a 1050°C.</p> <p>Enfriar en el desecador por 30 minutos.</p> <p>Pesar el papel más la muestra desengrasada.</p>	<p>W1= peso del papel solo.</p> <p>W2= peso del papel con la muestra.</p> <p>W3= peso del beaker solo.</p> <p>W4= peso del beaker más la grasa extraída.</p>
--	--	---	--

Fuente: NTE INEN 523

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

Tabla 9-2: Determinación de carbohidratos totales.

Procedimiento	Calculo
<p>Para encontrar el valor de carbohidratos totales presentes en la muestra a analizar se debe determinar los porcentajes de humedad, ceniza, proteína, fibra y grasa.</p>	$CT = 100 - (\%H + \%C + \%F + \%P + \%G)$ <p>Donde:</p> <p>H= humedad.</p> <p>C= ceniza</p> <p>F= fibra</p> <p>P= proteína</p> <p>G= grasa</p>

Fuente: NTE INEN 518

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

2.2.3 Muestreo y caracterización inicial de las propiedades del agua residual a tratar.

El agua residual que se seleccionó para el presente estudio fue de la empresa florícola “La Esperanza”, esta florícola está ubicada en la provincia de Cotopaxi en el km 12 de la vía Latacunga – Quito, esta empresa se dedica a la cosecha, post cosecha, importación y exportación de varios tipos de rosas; el agua residual de todas las operaciones que realiza esta florícola es desembocada en el río Cutuchi.

La toma de muestras de agua residual se hizo de forma compuesta, es decir que se tomaron muestras individuales de diferentes etapas de las operaciones que realiza la florícola a diferentes intervalos de tiempo con el mismo volumen. El muestreo compuesto se empleó en esta investigación puesto que las operaciones y actividades que realizan en la empresa no es de forma continua por ende el caudal y la carga contaminante varían de acuerdo con la utilización que se le dé al agua en las diferentes etapas de operación.

Para la recolección de muestras de agua residual se utilizó el método volumétrico, en donde se midió un caudal de 3 litros en un intervalo de 10 minutos, obteniendo como resultado 30L de muestra de agua residual.

Las muestras de agua se llevaron al laboratorio de Calidad de agua de la facultad de Ciencias de la ESPOCH, para la respectiva caracterización antes y después de aplicar el floculante.

2.2.4 Pruebas de tratabilidad del agua residual con el floculante de moringa.

2.2.4.1 Preparación de soluciones del floculante de moringa.

Las soluciones con el floculante de *Moringa oleífera* fueron preparadas en el laboratorio de Calidad de agua de acuerdo con revisión bibliográfica de algunos estudios en donde han utilizado floculantes naturales como es el caso de la moringa y también el de la tuna. Las soluciones se prepararon al 1%, 2% y 3% con el fin de encontrar la dosis exacta y óptima para obtener un rendimiento aceptable en la eficiencia del floculante que se realizó.

Para la preparación de las soluciones al 1%, 2% y 3% se realizó el mismo procedimiento, el cual se detalla a continuación:

- Tamizar la harina de moringa que se obtuvo para eliminar residuos u otros agentes externos al floculante y así evitar contaminación.
- Pesar 1 gramo del floculante de moringa en una balanza analítica. En el caso de las soluciones al 2% y 3% pesar 2 y 3 gramos respectivamente.
- Colocar la cantidad de floculante pesado en un vaso de precipitación y disolver con agua destilada hasta obtener una mezcla homogénea.
- Aforar a 100ml.

- Dejar reposar la solución durante 30 minutos.
- Filtrar con la ayuda de papel filtro y un embudo con el fin de separar la fibra contenida en el floculante, así como también ciertas partículas o residuos.
- Se obtienen las soluciones al 1%, 2% y 3%.

Al ser un material orgánico, el floculante se biodegrada fácilmente, por esta razón las soluciones deben ser usadas casi de inmediato. Si la prueba de jarras se demora más de un día hay que preparar las soluciones a diario.

2.2.4.2 Test de jarras

Al igual que la preparación de las soluciones con el floculante de *Moringa oleifera*, la prueba de jarras también se hizo en el laboratorio de calidad de agua de la facultad de Ciencias. Para la realización de este ensayo se utilizaron vasos de precipitación de 1000ml y el equipo de prueba de jarras.

El procedimiento que se realizó se describe a continuación:

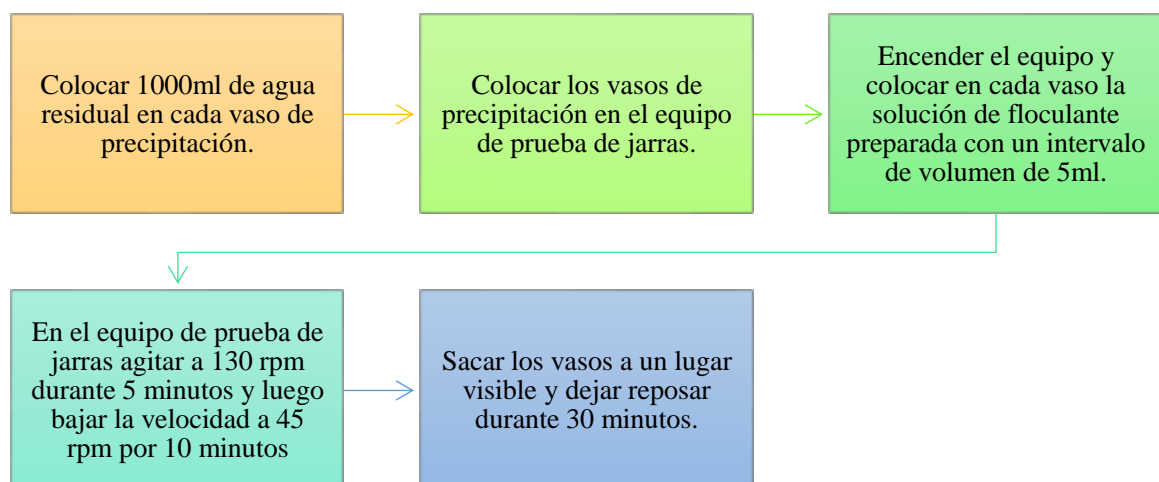


Figura 4-2: Ensayo de la prueba de jarras.

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

Luego de esperar los 30 minutos para que los flóculos que se formaron durante la actividad de agitación que se realiza en la prueba de jarras sedimenten, se procede a tomar la medida de

turbidez y color del agua residual de cada prueba que se realice con el fin de determinar la dosis adecuada para que la eficiencia del floculante de moringa sea óptimo y aceptable.

2.2.5 Caracterización final de las propiedades del agua residual tratada.

Al finalizar con el test de jarras y haber encontrado la dosis óptima de floculante basándose en la reducción de turbidez y color se procedió al análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos más importantes del agua residual tratada, como lo son turbidez, color, conductividad, pH, DBO5, DQO, fosfatos, nitratos, solidos totales y coliformes fecales.

Cabe recalcar que estos parámetros se analizaron antes y después de la aplicación del floculante natural de moringa y los procesos de medición fueron los mismos.

A continuación, se detallan las técnicas que se realizaron para la medición de las diferentes propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del agua residual.

2.2.5.1 Técnicas para la caracterización del agua residual inicial y tratada.

Tabla 10-2: Determinación de la turbidez

Equipos	Materiales	Procedimiento
Turbidímetro HACH	Celda Piseta con agua destilada Agua residual	Lavar la celda con agua destilada. Colocar en la celda el agua residual a analizar hasta que esté la celda mas o menos llena. Colocar en el turbidímetro HACH la celda con el agua residual. Leer el valor de turbidez que arroja el equipo.

Fuente: Laboratorio de Calidad de Agua – ESPOCH.

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

Tabla 11-2: Determinación de color.

Equipos	Materiales	Procedimiento
---------	------------	---------------

Fotómetro	Piseta con agua destilada Cubetas Agua residual	Lavar la cubeta con agua destilada. Colocar el agua residual en la cubeta hasta la medida. Seleccionar en el equipo medición de color. Colocar agua destilada en otra cubeta, la misma que servirá como blanco. Colocar el blanco en el fotómetro logrando una lectura de 0 como referencia. Sacar la cubeta con agua destilada. Colocar la cubeta con agua residual y medir. Leer el valor que arroja el equipo.
-----------	---	--

Fuente: Laboratorio de Calidad de Agua – ESPOCH.

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

Tabla 12-2: Determinación del valor de pH.

Equipos	Materiales	Procedimiento
Multiparámetro	Vaso de precipitación de 100ml Piseta con agua destilada Agua residual	Limpiar con agua residual los electrodos del multiparámetro. En un vaso de precipitación limpio colocar el agua residual a analizar. Introducir los electrodos del multiparámetro en el vaso con el agua residual. Seleccionar en el multiparámetro la opción de medir el pH. Leer el valor que arroja el equipo.

Fuente: Laboratorio de Calidad de Agua – ESPOCH.

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

Tabla 13-2: Determinación de la conductividad.

Equipos	Materiales	Procedimiento
Multiparámetro	Vaso de precipitación de 100ml Piseta con agua destilada Agua residual	Limpiar con agua residual los electrodos del multiparámetro. En un vaso de precipitación limpio colocar el agua residual a analizar. Introducir los electrodos del multiparámetro en el vaso con el agua residual. Seleccionar en el multiparámetro la opción de medir la conductividad. Leer el valor que arroja el equipo.

Fuente: Laboratorio de Calidad de Agua – ESPOCH.

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

Tabla 14-2: Determinación de DQO

Equipos	Materiales	Procedimiento
Fotómetro Digestor de DQO	Pipetas Piseta con agua destilada Agua residual Cubetas	Colocar 2ml de agua residual a analizar en un tubo con reactivo preparado. Colocar el tubo en el digestor durante 2h. Colocar la solución del tubo en una cubeta. En el fotómetro seleccionar la opción de medición de DQO. Colocar la cubeta en el fotómetro. Leer el valor arrojado por el equipo.

Fuente: Laboratorio de Calidad de Agua – ESPOCH.

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

CAPITULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

3.1 Resultados.

En el transcurso del estudio se realizaron 5 puntos clave en los que está basada esta investigación, por lo tanto, se van a describir uno por uno los resultados de estos puntos, para así analizar si los objetivos de la presente investigación fueron o no satisfactorios.

3.1.1 Caracterización de la moringa oleífera como materia prima.

En la caracterización de la materia prima se realizó un análisis fitoquímico de las semillas de *moringa oleífera*, en donde se encontró la humedad, el porcentaje de calcio y la cantidad de hierro que la moringa posee, para así verificar la calidad de materia prima con la que se está trabajando y comparar según bibliografía, nuestras condiciones con otras investigaciones anteriores.

Tabla 1-3: Caracterización de las semillas de *Moringa oleífera*.

Determinación	Unidad	Método	Resultado
Humedad	%	INEN-1235	9.115
Calcio	%	INEN-974	1.28
Hierro	mg/L	INEN-979	0.3

Fuente: SACMIC, 2020.

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

3.1.2 Obtención y caracterización del floculante de moringa.

3.1.2.1 Obtención del floculante de moringa.

En la figura 1-3, se detalla un diagrama de flujo del proceso mediante el cual se obtuvo el floculante de *Moringa oleífera*. El proceso de obtención del floculante fueron una serie de operaciones y procesos unitarios.

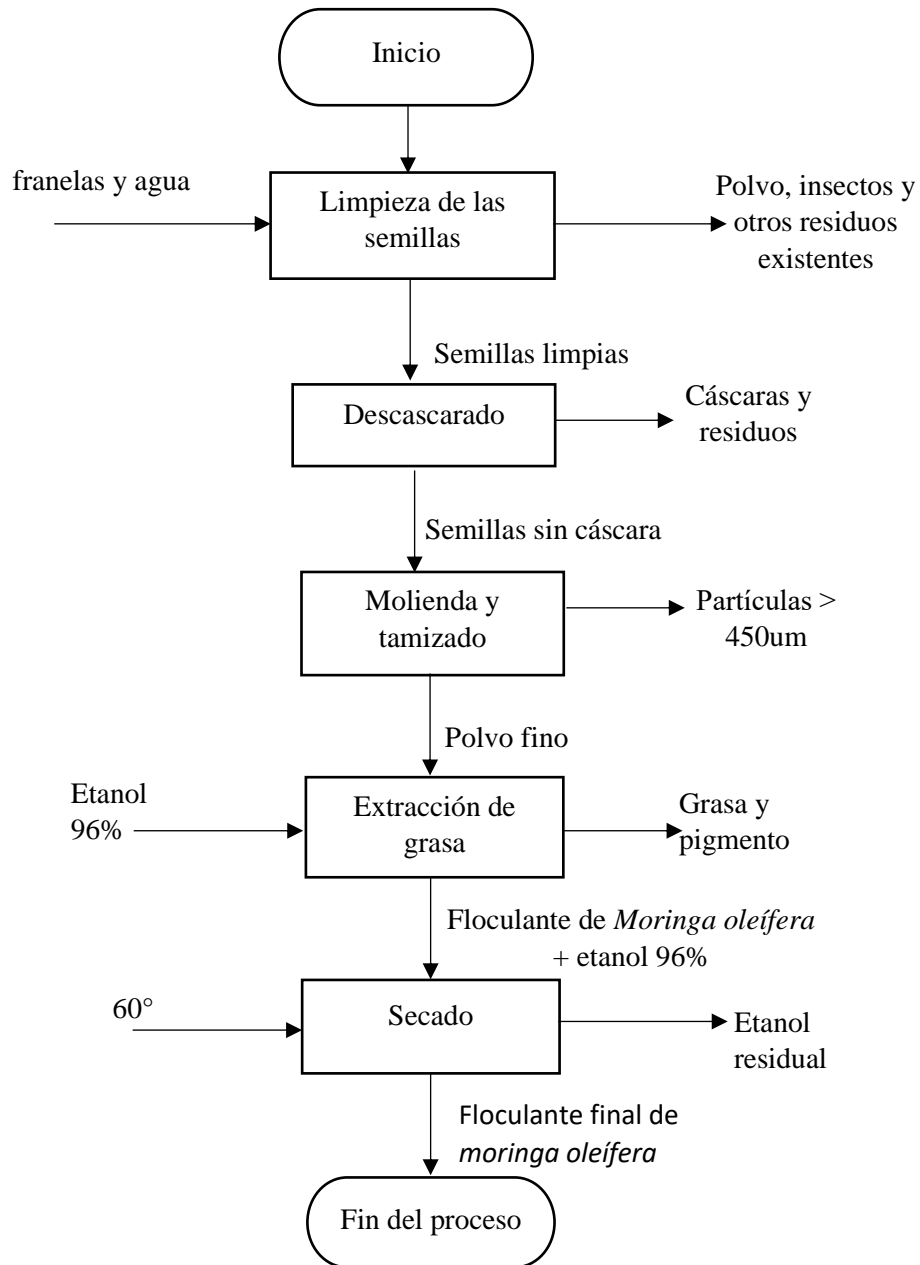


Gráfico 1-3: Proceso de obtención de floculante de *Moringa oleífera*.

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

3.1.2.1.1 Limpieza de las semillas.

En la primera etapa del proceso de obtención de floculante de *Moringa oleífera* se realizó la limpieza de las semillas, en donde primero se tamizaron las mismas para que los residuos de polvo y tierra así como también algunos insectos que están presentes al momento de cosecharlas se pierdan y posterior a esto, a través de una franela que se sumergió brevemente en agua de botella,

hasta humedecerla brevemente se procedió a retirar por completo todo tipo de residuos que pudieron haber quedado luego del tamizaje. Para obtener la eficiencia de este proceso se realizó un balance de materia utilizando la ecuación de continuidad.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Entrada de} \\ \text{productos} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} \text{Generación de} \\ \text{materia} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Salida de} \\ \text{productos} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} \text{Acumulación de} \\ \text{materia} \end{array} \right\}$$

En este balance de masa no hubo ningún tipo de acumulación de materia puesto que la masa de entrada que se limpió salió como producto de limpieza y desechos, además tampoco se generó materia ya que no existe ningún tipo de reacción química. Por todo lo explicado la ecuación nos queda:

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$P_m - P_r = P_{msr}$$

Donde:

P_m = peso de entrada de la moringa, g.

P_r = peso de los residuos después de la limpieza, g.

P_{msr} = peso de la moringa sin residuos, g.

$$P_{msr} = 1200_g - 8,39_g$$

$$P_{msr} = 1191,61_g$$

En base a este resultado, el rendimiento del proceso de limpieza de semillas será:

$$\eta = \frac{\text{Peso de la moringa sin residuos}}{\text{Peso entrada de moringa}} * 100$$

$$\eta = \frac{1191,61}{1200} * 100$$

$$\eta = 99,3\%$$

3.1.2.1.2 Descascarado.

El proceso de retirar la cáscara de la semilla de moringa se lo realizó de forma manual con la ayuda externa de un martillo puesto que las cáscaras estaban muy secas y por esta razón son un poco duras para retirar la cáscara solo con las manos y también puede resultar un poco peligroso ya que se podría suscitar algún accidente por el manejo de estas. Aquí también se realizó un balance de masa en donde no existe generación ni acumulación.

$$\textit{Entrada} = \textit{Salida}$$

$$P_{msr} - P_c = P_{msc}$$

Donde:

P_{msr}: peso de la moringa sin residuos, g.

P_c: peso de las cáscaras, g.

P_{msc}: peso de la moringa sin cáscaras, g.

$$P_{msc} = 1191,61_g - 406,281_g$$

$$P_{msc} = 785,329_g$$

De acuerdo con este resultado el rendimiento del proceso de descascarado será:

$$\eta = \frac{\textit{Peso de la moringa sin cáscara}}{\textit{Peso moringa sin reisuos}} * 100$$

$$\eta = \frac{785,329}{1191,61} * 100$$

$$\eta = 65,90\%$$

3.1.2.1.3 Molienda y tamizado

3.1.2.1.3.1 Molienda

En este proceso se realizó la reducción de tamaño de las semillas de moringa hasta lograr un polvo muy fino; para este proceso se utilizó un molino de tornillo automático el cual trabajo durante aproximadamente 20 minutos hasta terminar toda la carga de semillas. En este proceso también se realizó un balance de masa en donde no hay generación ni acumulación.

$$\textit{Entrada} = \textit{Salida}$$

$$P_{msc} - P_{rm} = P_{pm}$$

Donde:

P_{msc} : peso de la moringa sin cáscaras, g.

P_{rm} : peso de los residuos sobrantes de la molienda, g.

P_{pm} : peso del polvo de moringa, g.

$$P_{pm} = 785,329_g - 5,587_g$$

$$P_{pm} = 779,742_g$$

De acuerdo con este resultado el rendimiento del proceso de molienda será:

$$\eta = \frac{\textit{Peso polvo de moringa}}{\textit{Peso moringa sin cáscara}} * 100$$

$$\eta = \frac{779,742}{785,329} * 100$$

$$\eta = 99,29 \%$$

3.1.2.1.3.2 Tamizado

Posterior a la molienda se realizó el tamizaje, con la ayuda de un tamiz de luz de malla de 450um para obtener un polvo homogéneo y muy fino. En este proceso también se realizó un balance de masa en donde no hay generación ni acumulación.

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$P_{pm} - P_{pgr} = P_{tpfm}$$

Donde:

P_{pm} : peso del polvo de moringa, g.

P_{pgr} : peso polvo grueso y residuos, g.

P_{tpfm} : peso total del polvo fino de moringa, g.

Para saber el valor de P_{pgr} hay que hacer una resta entre el peso del tamiz con el polvo grueso y el peso del tamiz vacío.

$$P_{pgr} = \text{peso tamiz con polvo grueso} - \text{peso tamiz vacío}$$

$$P_{pgr} = 400,124_g - 313,53_g$$

$$P_{pgr} = 86,594_g$$

Ahora con este resultado podemos reemplazar en la ecuación general del balance de masa para el tamizado y así encontrar el peso total del polvo fino de moringa.

$$P_{tpfm} = P_{pm} - P_{pgr}$$

$$P_{tpfm} = 779,742_g - 86,594_g$$

$$P_{tpfm} = 693,148_g$$

De acuerdo con este resultado el rendimiento del proceso de tamizaje será:

$$\eta = \frac{\text{Peso total del polvo fino de moringa}}{\text{Peso polvo moringa}} * 100$$

$$\eta = \frac{693,148}{779,742} * 100$$

$$\eta = 88,89 \%$$

3.1.2.1.4 Extracción de grasa.

En el proceso de extracción se ocupó un equipo de soxhlet con etanol al 96% como solvente, este proceso se llevó a cabo en dos días. Como resultado de este proceso se obtuvieron dos lotes de floculante, el primer lote se trata de un floculante de moringa con dos sifonadas en el extractor soxhlet y el segundo lote es el floculante con cinco sifonadas en el extractor. En este proceso también se realizó un balance de masa en donde no hay generación ni acumulación.

Para el proceso de extracción de grasa se ocupó 593,148g del polvo fino de moringa, separando los 100 gramos restantes del total que se obtuvo en la molienda y tamizado para realizar una prueba con el polvo de moringa sin desengrasar en el agua residual.

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$S_f = P_{tpfm} + E_s - S_{sr} - P_{gp}$$

Donde:

S_f: salida de floculante, g.

P_{tpfm}: peso total del polvo fino de moringa, g.

E_s: Entrada de solvente, g.

S_{sr}: salida de solvente residual, g.

P_{gp}: peso de grasa y pigmento, g.

Lote 1

$$S_f = 296,574_g + \left(500_{ml} * \frac{0,812_g}{1_{ml}}\right) - \left(498_{ml} * \frac{0,812_g}{1_{ml}}\right) - 4,96_g$$

$$S_f = 296,574_g + (406_g) - (404,376_g) - 4,96_g$$

$$S_f = 293,238_g$$

De acuerdo con este resultado, el rendimiento del proceso de extracción en el Lote 1 será:

$$\eta = \frac{\textit{Salida de floculante}}{\textit{Peso total polvo fino de moringa}} * 100$$

$$\eta = \frac{293,238}{296,574} * 100$$

$$\eta = 98,87 \%$$

Lote 2

$$S_f = 296,574_g + \left(500_{ml} * \frac{0,812_g}{1_{ml}}\right) - \left(498_{ml} * \frac{0,812_g}{1_{ml}}\right) - 6,34_g$$

$$S_f = 296,574_g + (406_g) - (404,376_g) - 6,34_g$$

$$S_f = 291,858_g$$

De acuerdo con este resultado, el rendimiento del proceso de extracción en el Lote 2 será:

$$\eta = \frac{\textit{Salida de floculante}}{\textit{Peso total polvo fino de moringa}} * 100$$

$$\eta = \frac{291,858}{296,574} * 100$$

$$\eta = 98,41 \%$$

3.1.2.1.5 Secado.

Este proceso se lo realizo con la ayuda de una estufa en donde a 60°C y por el lapso de dos horas y media se logró volatizar el etanol que estaba impregnado en la muestra de floculante *de Moringa*

oleífera. En la estufa se pusieron ambos lotes de floculante desengrasado. En este proceso también se realizó un balance de masa en donde no hay generación ni acumulación.

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$S_f = P_{fs} - P_{pc}$$

Donde:

S_f: salida de floculante, g.

P_{fs}: peso de floculante con solvente, g.

P_{pc}: peso de pérdidas por calor, g.

$$S_f = 585,096_g - 6,32_g$$

$$S_f = 578,776_g$$

De acuerdo con este resultado, el rendimiento del proceso de secado será:

$$\eta = \frac{\text{Salida de floculante}}{\text{Peso floculante con solvente}} * 100$$

$$\eta = \frac{578,776}{585,096} * 100$$

$$\eta = 98,92 \%$$

En la tabla 2-3 se detallan los resultados que se obtuvieron en los balances de masa que se realizaron para cada etapa del proceso de obtención del floculante d moringa.

Tabla 2-3: Resultados obtenidos en el proceso de obtención de floculante de *Moringa oleífera*.

Etapa	Balance de masa		Rendimiento, %.
	Entrada, g.	Salida, g.	
Limpieza de semillas	1200	1191,61	99,3
descascarado	1191,61	785,329	65,90
molienda	785,329	779,742	99,29

Tamizado		779,742	693,148	88,89
Extracción	Lote 1	296,574	293,238	98,87
	Lote 2	296,574	291,858	98,41
Secado		585,096	578,776	98,92

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

3.1.2.1.6 Rendimiento del proceso.

Para calcular el rendimiento de todo el proceso, se realizará la siguiente operación matemática simple, teniendo en cuenta lo siguiente:

La cantidad de floculante total obtenido es la suma del resultado final en gramos obtenido en el balance de masa del secado más los cien gramos que no se desengrasaron.

$$\eta_{\text{proceso}} = \frac{\text{cantidad de floculante total obtenido}}{\text{cantidad de materia prima utilizada}} * 100$$

$$\eta_{\text{proceso}} = \frac{678,776_g}{1200_g} * 100$$

$$\eta_{\text{proceso}} = 56,56\%$$

3.1.2.2 Caracterización del floculante de moringa oleífera.

Como primer paso para elegir la dosis de floculante apropiada para obtener una buena eficiencia en la remoción de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de un agua residual, se eligió el floculante que tenga una mejor eficiencia, para esto se ocupó 3 lotes de floculante:

- Lote 1: floculante desengrasado con dos sifonadas.
- Lote 2: floculante desengrasado con cinco sifonadas.
- Lote 3: floculante sin desengrasar.

Para elegir cual es el lote óptimo se prepararon soluciones al 1% de cada floculante y se vertieron en vasos de precipitación de 1000ml para luego colocarlos en el equipo de prueba de jarras por aproximadamente 15 minutos, luego de esto se sacaron los vasos a un lugar con luz en donde se dejó 30 minutos en reposo y se procedió a leer la turbidez y color de cada vaso. Los resultados fueron los siguientes:

Tabla 3-3: Resultados de color y turbidez para elegir el mejor lote

Lote	Turbidez		Color	
	inicial	final	inicial	final
1	120	95	301	273
2		68		162
3		113		345

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

De acuerdo con la tabla 3-3, se visualiza fácilmente que según los resultados arrojados por el lote 2 tanto en turbidez como en color, es el floculante óptimo para realizar la investigación con este lote de floculante. Lo que prosigue es buscar la dosificación adecuada del Lote 2 para obtener una eficiencia aceptable de la moringa como floculante.

Luego de determinar que el lote 2 era el lote de floculante adecuado, hay que realizar el análisis proximal del floculante para determinar cuál es la composición de este, puesto que según revisión bibliográfica el principal compuesto activo floculante de la moringa capaz de realizar la coagulación en las aguas residuales es la proteína, por esto es necesario tener un nivel alto de proteína.

A continuación, se describe la composición proximal que tiene el floculante de *Moringa oleífera*.

Tabla 4-3: Análisis proximal del floculante de *Moringa oleífera*.

Determinación	Unidad	Resultados
Humedad	%	8,3
Cenizas	%	4,6
Fibra	%	8,9
Grasa	%	2,81
Proteína	%	21,2
Carbohidratos	%	54,19

Fuente: SACMIC, 2020.

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

3.1.3 Caracterización inicial del agua residual.

Al agua residual florícola que fue seleccionada para esta investigación se le realizó un análisis físico químico y microbiológico de las propiedades que esta tiene para así compararlas con las propiedades finales después de aplicar el floculante, así como también con los estándares

permisibles para este tipo de aguas según la normativa ambiental vigente en Ecuador TULSMA Libro VI Anexo 1 Tabla 10.

Tabla 5-3: Caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua residual, muestra cruda.

Parámetro	Unidad	*Método	Resultados	**Límite máximo permisible
pH	Und	4500-H ⁺ B	6,85	6-9
Conductividad	μSiems/cm	2510-B	538,5	-
Color	Und. Co/Pt	2120-C	301	*Inapreciable en disolución 1/20
Turbiedad	NTU	2130-B	120	-
Fosfatos	mg/L	4500-P-D	1,03	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	4500-NH ₄ -C	0,18	30
DQO	mg/L	5220-D	320	100
DBO	mg/L	5210-B	202	50
Solidos totales	mg/L	2540-B	490	1600
Coliformes fecales	UFC/100ml	9222-D	69,200	Remoción > al 99,9%

*métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed

**TULSMA TABLA 10. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Fuente: SACMIC, 2020.

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

3.1.4 Pruebas de tratabilidad

En esta etapa de la investigación se evaluó la mejor dosificación del floculante de moringa en un volumen de 1000ml de agua residual. Para esto se realizó una prueba de jarras a una velocidad de agitación rápida de 130rpm durante 5 minutos y una velocidad de agitación lenta de 45rpm por 10 minutos, luego de sacar los vasos de precipitación del equipo de test de jarras se dejaba sedimentar durante 30 minutos.

Se prepararon soluciones del floculante al 1%, 2% y 3%. Para probar las diferentes soluciones se realizaron seis pruebas por dosis, en donde en vasos de precipitación se colocó 1000ml de agua residual y en donde estas soluciones se fueron incorporando en volúmenes de 5, 10, 15, 20, 25 y 30ml en cada vaso. Luego de realizar este proceso se midió el color y turbidez de las diferentes

pruebas y así determinar la dosis correcta en la que se puede utilizar el floculante de *Moringa oleífera*.

Luego de obtener los datos de color y turbidez de las diferentes pruebas con diferentes dosificaciones de floculante, estos valores se analizaron con el paquete estadístico IBPM SPSS estudiantil y a través de pruebas de normalidad y ajuste de datos se determinó el comportamiento de cada dosis de floculante de *Moringa oleífera* en el agua residual, llegando así a la cantidad exacta de floculante que permitirá obtener una eficiencia aceptable en el tratamiento de aguas residuales.

A continuación, en la tabla 6-3, se detalla los valores de color y turbidez obtenidos después de realizar el test de jarras para las diferentes dosificaciones de floculante de moringa, los mismos datos que se utilizaron para realizar la parte estadística de esta investigación.

Tabla 6-3: Resultados de color y turbidez obtenidos en las pruebas de tratabilidad.

Concentración floculante, %.	Volumen usado del floculante, ml.	Volumen usado de agua residual, ml.	Turbidez obtenida, NTU.	Color obtenido, Co/Pt.
1	5	1000	75	224
	10		73	211
	15		68	162
	20		64	160
	25		70	201
	30		74	220
2	5		42	150
	10		39	144
	15		34	141
	20		39	145
	25		48	155
	30		51	159
3	5		21	143
	10		11	112
	15		18	120
	20		18	121
	25		25	129
	30		27	135

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

En la tabla 7-3, que se detalla a continuación se describen los valores iniciales de color y turbidez del agua residual cruda, con el fin de realizar el porcentaje de remoción de estos parámetros con las diferentes dosificaciones de floculante de *Moringa oleífera*.

Tabla 7-3: Valores iniciales de turbidez y color del agua residual cruda.

Parámetro	Unidad	resultados
Turbidez	NTU	120
color	Co/Pt	301

A continuación, en la tabla 8-3, se presenta el porcentaje de remoción de los parámetros antes mencionados.

Tabla 8-3: Porcentaje de remoción de turbidez y color en el agua residual tratada.

Concentración floculante, %.	Volumen usado del floculante, ml.	Volumen usado de agua residual, ml.	% de remoción de Turbidez	% de remoción de Color
1	5	1000	37,5	25,58
	10		39,17	29,90
	15		43,33	46,18
	20		46,17	46,84
	25		41,67	33,22
	30		38,33	26,91
2	5		65	50,16
	10		67,5	52,16
	15		71,67	53,15
	20		60,83	51,82
	25		60	48,50
	30		57,5	47,18
3	5		82,5	52,49
	10		90,83	62,79
	15		85	60,13
	20		85	59,80
	25		79,17	57,14
	30		77,5	55,15

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

3.1.4.1 Estudio estadístico. Determinación de la concentración adecuada de floculante de Moringa oleífera.

Para determinar la eficiencia del floculante de moringa, primero hay que determinar a qué concentración del floculante se dieron los mejores resultados en las pruebas de tratabilidad que se hizo con el agua residual. Para determinar que concentración fue la mejor se realizó un análisis estadístico con los datos de porcentaje de remoción de turbidez y color, para así obtener una forma más visible y clara de cuál fue el comportamiento de cada una de las concentraciones de floculante que se utilizó para tratar el agua residual de estudio, además se realizó las pruebas de normalidad de Shapiro Wilk con un nivel de significación de 0,05.

En las tablas 9-3 y 10-3 se muestran los resultados estadísticos obtenidos tanto para remoción de turbidez como para remoción de color respectivamente.

Tabla 9-3: Estadística descriptiva. Porcentaje de remoción de turbidez.

Parámetros estadísticos		Concentración del floculante de <i>moringa oleífera</i>					
		1%		2%		3%	
		Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar
Media		41,0283	1,35806	63,7500	2,16027	83,3333	1,94774
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	37,5373		58,1969		78,3265	
	Límite superior	44,5193		69,3031		88,3402	
Media recortada al 5%		40,9387		63,6572		83,2409	
Mediana		40,4200		62,9150		83,7500	
Varianza		11,066		28,001		22,762	
Desviación estándar		3,32655		5,29156		4,77098	
Mínimo		37,50		57,50		77,50	
Máximo		46,17		71,67		90,83	
Rango		8,67		14,17		13,33	
Rango Inter cuartil		5,92		9,17		7,70	
Asimetría		,639	,845	,465	,845	,440	,845
Curtosis		-,836	1,741	-,955	1,741	,009	1,741

Fuente: IBM SPSS Statistics Editor de datos.

Realizado por: Toapanta Taípe Dolores, ESPOCH, 2020.

Los resultados que arrojo el estudio estadístico descriptivo permiten observar que hay una diferencia significativa entre las medias de las tres concentraciones del floculante, interpretando así que el comportamiento entre concentración y porcentaje de remoción de la turbidez existe.

De acuerdo con los resultados del estudio estadístico descriptivo se reporta que, para una concentración del floculante de moringa al 1%, se obtiene una media de 41,0283% con un error estándar de 1,35806, una mediana con un valor de 40,4200% y una desviación estándar de 3,32655. Para la concentración de 2% del floculante de moringa se reportaron resultados de media igual a 63,7500% con un error estándar igual a 2,16027, un valor de mediana de 62,9150% y una desviación estándar de 5,29156. Finalmente, para el floculante de moringa con una concentración del 3% se reportaron resultados de media con un valor de 83,3333% y un error estándar de 1,94774, un valor de la mediana de 83,7500% y un valor de la desviación estándar igual a 4,77098.

Interpretando estos resultados se dice que la concentración de floculante de moringa que mayor porcentaje de remoción de turbidez tuvo fue la de 3%, con un valor de 83,7500%, esto se obtuvo al realizar la prueba de jarras con un volumen de agua residual de 1000ml. Este resultado es respaldado mediante visualización de las muestras, ya que cuando se realizó esta prueba se pudo comprobar que el agua clarifico mucho más que con las otras concentraciones además que los sólidos suspendidos también disminuyeron en forma considerable a simple vista.

A continuación, se puede observar mediante la gráfica 1-3, el comportamiento de las tres concentraciones de floculante de moringa para el porcentaje de remoción de turbidez en las pruebas que se realizó en el agua residual florícola. Esta grafica se realizó utilizando una hoja de cálculo de Excel.

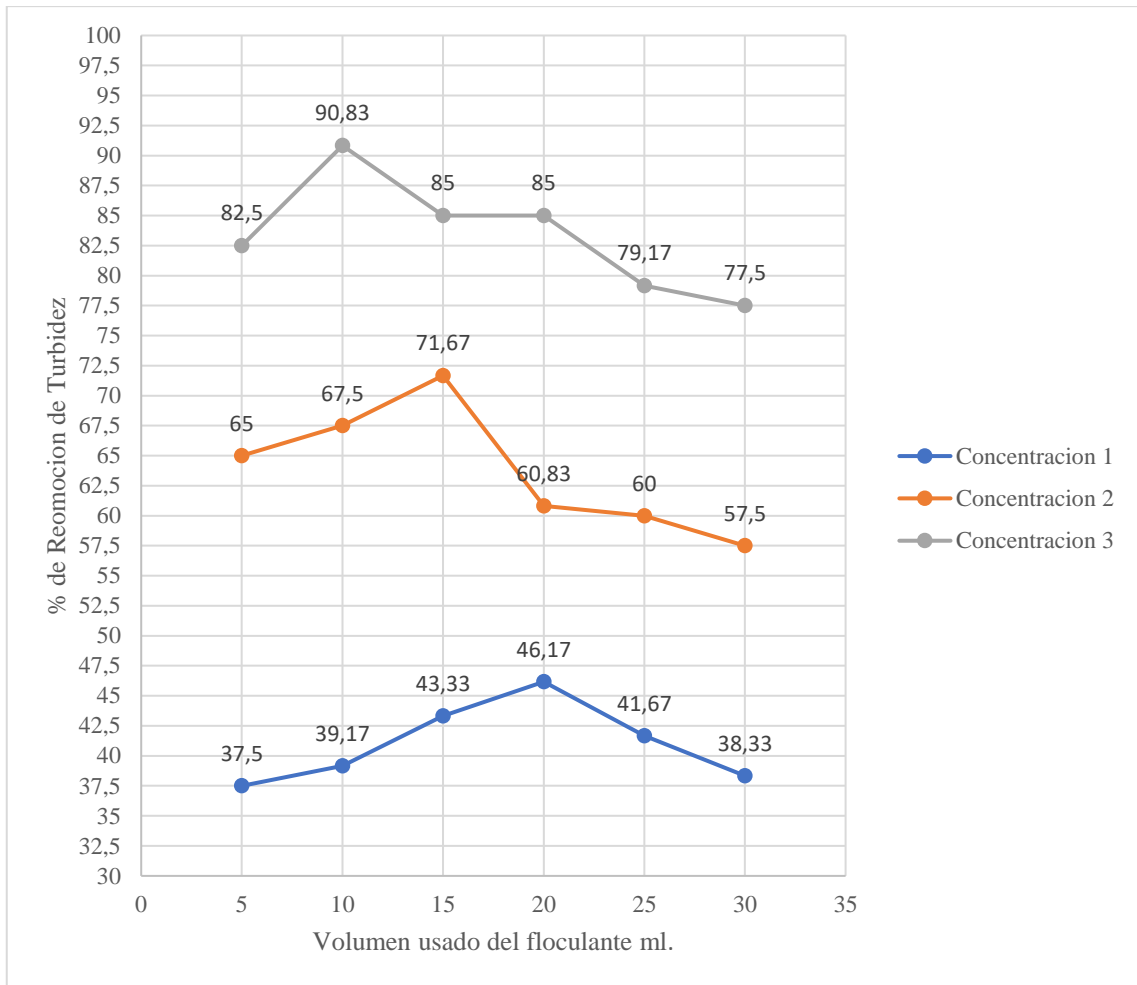


Gráfico 2-3: Porcentaje de remocion de turbidez a diferentes concentraciones del floculante.

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

Tabla 10-3: Estadística Descriptiva. Porcentaje de remoción de color.

Parámetros estadísticos		Concentración de floculante de <i>moringa oleífera</i>					
		1%		2%		3%	
		Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar
Media		34,7717	3,86535	50,4950	,94266	58,0833	1,63790
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	24,8355		48,0718		53,8730	
	Límite superior	44,7079		52,9182		62,2937	
Media recortada al 5%		34,6119		50,5317		58,0770	
Mediana		31,5600		50,9900		58,4700	
Varianza		89,646		5,332		16,096	
Desviación estándar		9,46814		2,30904		4,01202	
Mínimo		25,58		47,18		52,49	
Máximo		46,84		53,15		63,79	
Rango		21,26		5,97		11,30	
Rango intercuartil		19,77		4,24		6,56	
Asimetría		,658	,845	-,457	,845	-,007	,845
Curtosis		-1,923	1,741	-1,397	1,741	-,467	1,741

Fuente: IBM SPSS Statistics Editor de datos.

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

Los resultados que arrojo el estudio estadístico descriptivo permiten observar que hay una diferencia significativa entre las medias de las tres concentraciones del floculante, interpretando así que el comportamiento entre concentración y porcentaje de remoción del color existe.

De acuerdo con los resultados del estudio estadístico descriptivo se reporta que, para una concentración del floculante de moringa al 1%, se obtiene una media de 34,7717% con un error estándar de 3,86535, una mediana con un valor de 31,5600% y una desviación estándar de 9,46814. Para la concentración de 2% del floculante de moringa se reportaron resultados de media igual a 50,4950% con un error estándar igual a 0,94266, un valor de mediana de 50,9900% y una desviación estándar de 2,30904. Finalmente, para el floculante de moringa con una concentración del 3% se reportaron resultados de media con un valor de 58,0833% y un error estándar de 1,63790, un valor de la mediana de 58,4700% y un valor de la desviación estándar igual a 4,01202.

Interpretando estos resultados se dice que la concentración de floculante de *Moringa oleífera* que mayor porcentaje de remoción de turbidez tuvo fue la de 3%, con un valor de 58,0833%, esto se obtuvo al realizar la prueba de jarras con un volumen de agua residual de 1000ml. Este resultado es respaldado mediante visualización de las muestras, ya que cuando se realizó esta prueba se pudo comprobar que el agua clarifico mucho más que con las otras concentraciones.

A continuación, se puede observar mediante la gráfica 2-3, el comportamiento de las tres concentraciones de floculante de moringa para el porcentaje de remoción de color en las pruebas que se realizó en el agua residual florícola. Esta grafica se realizó utilizando una hoja de cálculo de Excel.

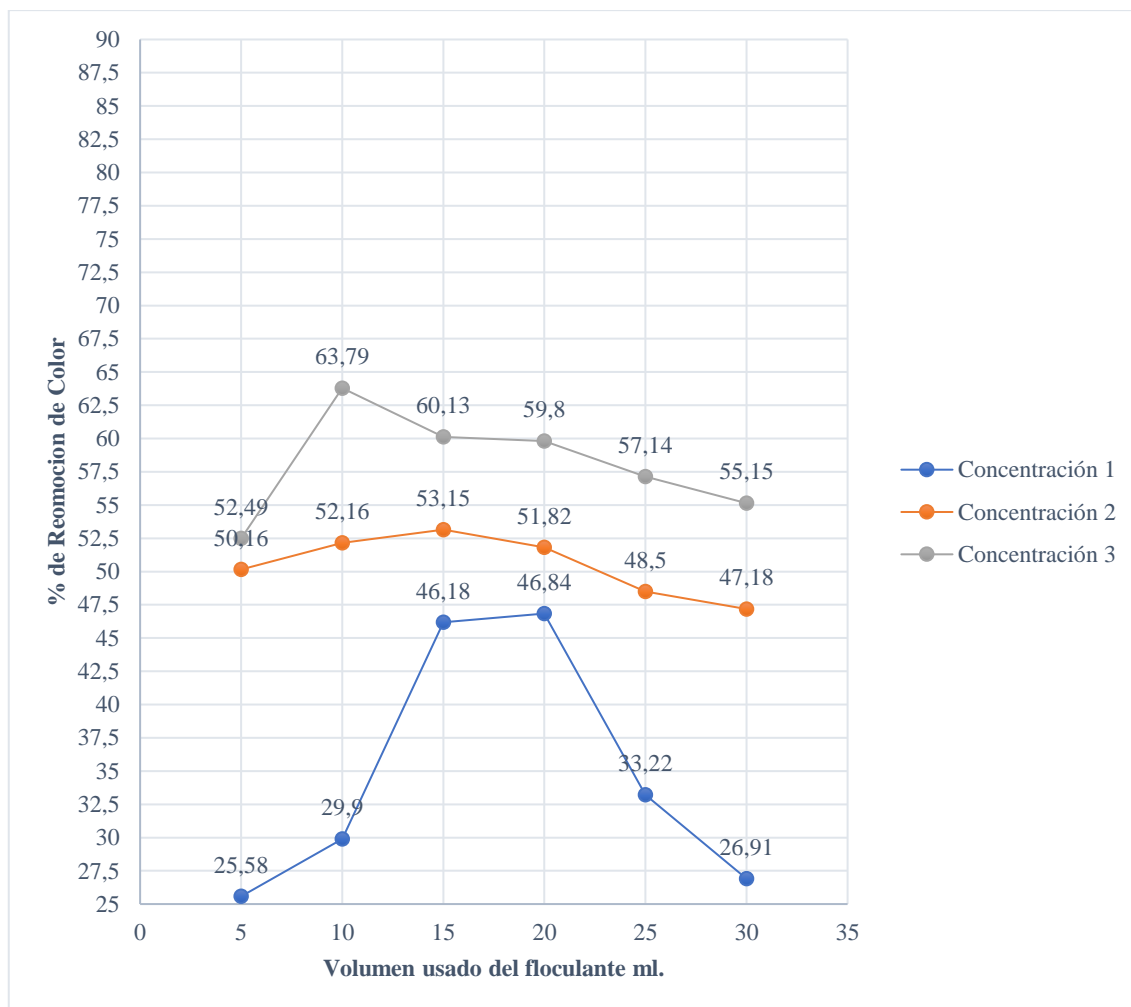


Gráfico 3-3: Porcentaje de remoción de turbidez a diferentes concentraciones del floculante.

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

3.1.4.2 Pruebas de normalidad.

Tabla 11-3: Pruebas de normalidad para el porcentaje de remoción de turbidez

Concentración del floculante	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Solución al 1%	,212	6	,200*	,937	6	,632
Solución al 2%	,209	6	,200*	,959	6	,808
Solución al 3%	,197	6	,200*	,955	6	,784

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: IBM SPSS Statistics Editor de datos.

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

Tabla 12-3: Pruebas de normalidad para el porcentaje de remoción de color.

Concentración del floculante	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Solución al 1%	,232	6	,200*	,837	6	,124
Solución al 2%	,217	6	,200*	,942	6	,679
Solución al 3%	,193	6	,200*	,975	6	,924
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Fuente: IBM SPSS Statistics Editor de datos.

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

Como se puede observar en las tablas 11-3 y 12-3, el nivel de significación es mayor a 0,05 ($p >> 0,05$), esto quiere decir que la hipótesis nula debe ser aceptada y por ende la distribución de los datos siguen una distribución normal, por lo que se ve reflejado que la concentración del floculante de Moringa oleífera en 3% es el más apto para obtener resultados de remoción más eficientes que con los otros floculantes de concentraciones de 1% y 2%, en lo que se refiere a turbidez y color.

3.1.4.3 Determinación del volumen preciso del floculante de moringa oleífera.

3.1.4.3.1 Remoción de turbidez.

De acuerdo con los resultados que se obtuvieron en el estudio estadístico descriptivo del anterior epígrafe, se dedujo que la concentración de floculante de moringa que más eficiente resultado ser fue la de 3%. Ahora para deducir que volumen de este floculante a una concentración del 3% va a resultar más eficiente se va a realizar una tabla de distribución de frecuencias y un gráfico que ayudara a visualizar mejor los resultados obtenidos.

Tabla 13-3: Resultados de remoción de turbidez del floculante de *Moringa oleífera* a una concentración del 3%.

Volumen usado, ml.	Porcentaje de remoción de turbidez	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada
5	82,5	0.165	0.165
10	90,83	0.18166	0.34666
15	85	0.17	0.51666
20	85	0.17	0.68666

25	79,17	0.15834	0.845
30	77,5	0.155	1

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

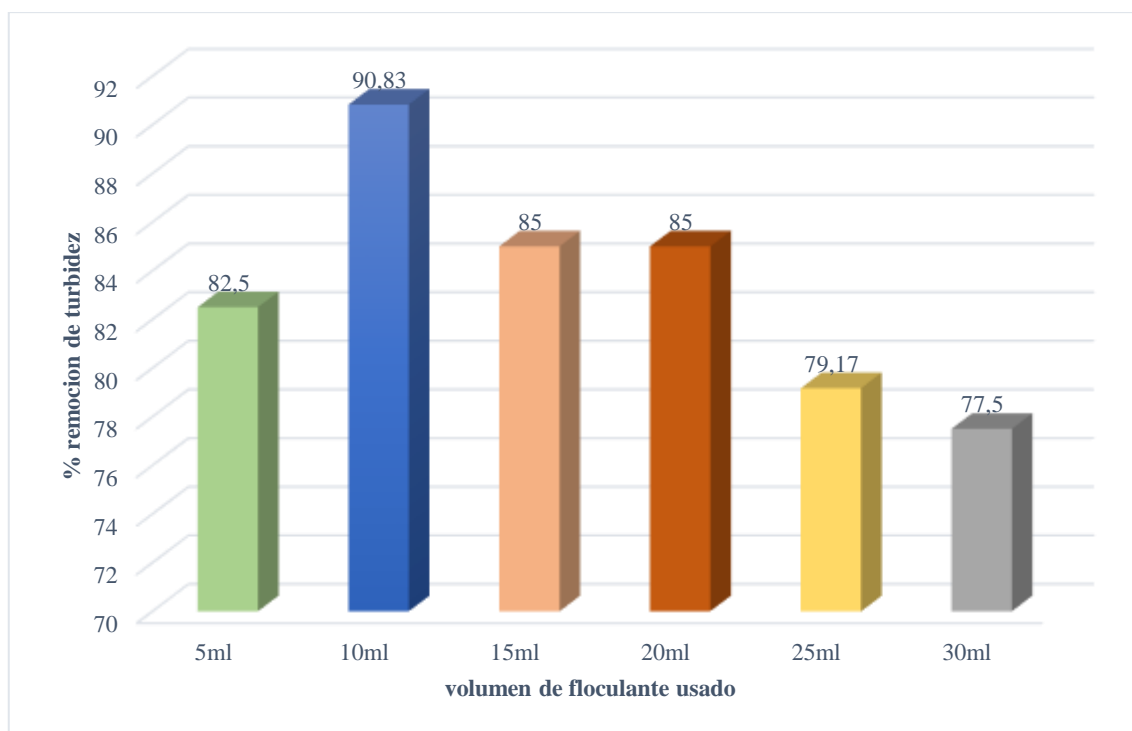


Gráfico 4-3: Porcentaje de remoción de turbidez del floculante de *Moringa oleífera* a una concentración del 3%.

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

Al analizar los resultados de la tabla de distribución de frecuencias y los del gráfico 3-3, se encuentra que con un volumen de 5ml de floculante de moringa la capacidad de que este forme flóculos en el agua residual es baja, ya que los que se generan no son los suficientes para una remoción eficiente de turbidez en cambio con los volúmenes de 15,20,25 y 30ml de floculante de *moringa oleífera* con una concentración del 3% se obtiene un menor porcentaje de remoción de turbidez puesto que la cantidad adicionada es mucha, entonces se produce una interferencia en la formación del floc, estos no intercambian iones, haciendo que el floculante se disperse y hacen que la turbidez vaya subiendo.

Entonces, se encuentra que con un volumen de 10ml de una concentración de floculante de moringa al 3% es óptima para generar flóculos en el agua residual y así realizar una remoción de turbidez eficiente ya que con esta cantidad de volumen se obtuvo el mayor porcentaje de remoción

de turbidez del agua residual, puesto que obtiene una frecuencia relativa mayor que los demás volúmenes y también un porcentaje de remoción igual a 90,83%, siendo este el valor más alto.

3.1.4.3.2 Remoción de color.

Otro parámetro que fue importante al momento de seleccionar el volumen correcto de floculante de moringa al 3% es el color, ya que este parámetro es importante en el tratamiento de aguas residuales, según el porcentaje de remoción que tuvo con cada prueba se verá cual es el volumen que mayor porcentaje de remoción de color tuvo y así seleccionar la dosificación correcta de floculante.

A continuación, en la tabla 14-3 y en el grafico 4-3, se reporta un análisis estadístico y un gráfico para poder visualizar cuál de estos volúmenes fue el más eficiente al momento de remover el color.

Tabla 14-3: Resultados de remoción de color del floculante de *Moringa oleífera* a una concentración del 3%.

Volumen usado, ml.	Porcentaje de remoción de color	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada
5	52.49	0.15061693	0.15061693
10	62.79	0.18304161	0.33365854
15	60.13	0.17253945	0.50619799
20	59.8	0.17159254	0.67779053
25	57.14	0.16395983	0.84175036
30	55.15	0.15824964	1

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

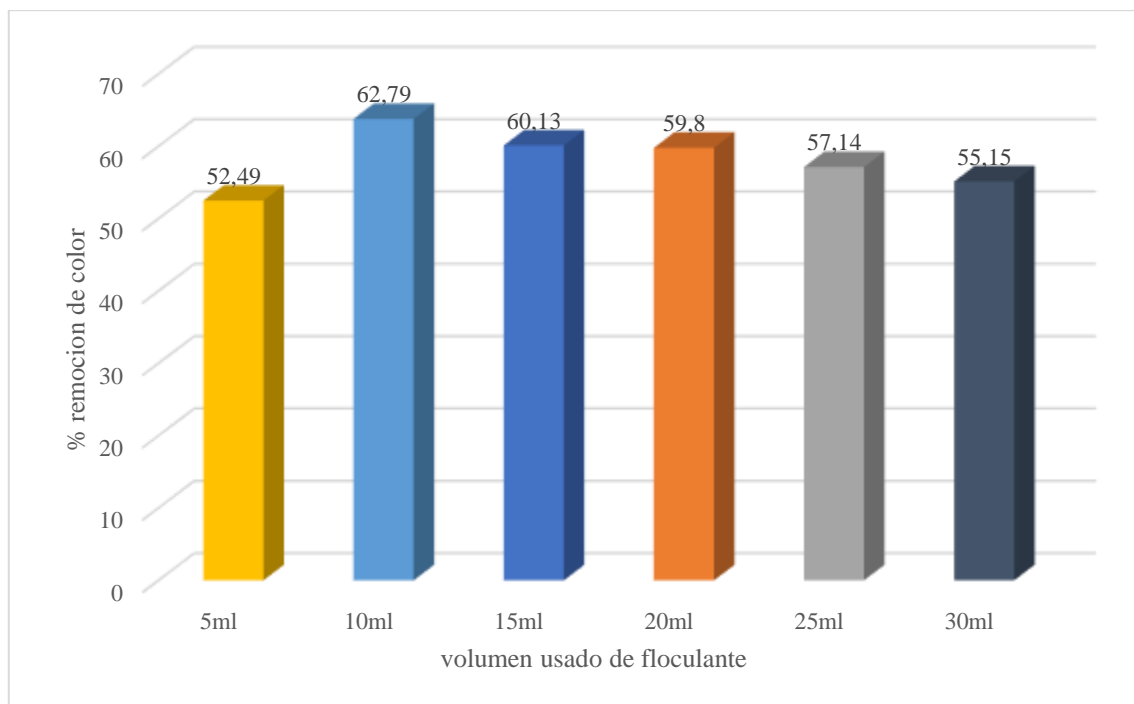


Gráfico 5-3: Porcentaje de remoción de color del floculante de *Moringa oleífera* a una concentración del 3%.

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

Al analizar los resultados de la tabla de distribución de frecuencias y los del gráfico 3-3, se encuentra que un volumen de 10ml de una concentración de floculante de moringa al 3% es óptimo para realizar una remoción de color eficiente ya que con esta cantidad de volumen se obtuvo el mayor porcentaje de remoción color del agua residual, puesto que obtiene una frecuencia relativa con un valor de 0,18, siendo esta mayor que los demás volúmenes y también un porcentaje de remoción igual a 62,79%, siendo este el valor más alto.

3.1.5 Caracterización del agua residual tratada con el floculante de *Moringa oleífera*.

Tabla 15-3: Caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua residual, muestra tratada.

Parámetro	Unidad	*Método	Resultados	**Límite máximo permisible
pH	Und	4500-H ⁺ B	7,33	6-9
Conductividad	μSiems/cm	2510-B	207,9	-
Color	Und. Co/Pt	2120-C	112	*Inapreciable en disolución 1/20

Turbiedad	NTU	2130-B	11	-
Fosfatos	mg/L	4500-P-D	0,29	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	4500-NH ₄ -C	0,20	30
DQO	mg/L	5220-D	152	100
DBO	mg/L	5210-B	69	50
Solidos totales	mg/L	2540-B	212	1600
Coliformes fecales	UFC/100ml	9222-D	14000	Remoción > al 99,9%

*métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULSMA TABLA 10. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Fuente: SACMIC, 2020.

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

De acuerdo con los resultados de la caracterización físico química y microbiológica del agua residual después de tratar con el floculante de moringa se puede observar que los resultados obtenidos son satisfactorios, comparando con los resultados de los análisis de la muestra cruda de agua residual, aunque comparando con la normativa ecuatoriana vigente TULSMA Libro VI Anexo 1 Tabla 10 los parámetros físico químicos como el DQO y DBO5 así como el parámetro microbiológico coliformes fecales no se ajustan a los estándares de esta norma.

3.1.6 Evaluación de la eficiencia del floculante de Moringa oleífera.

Para realizar esta parte de la investigación se va a determinar la eficiencia de cada uno de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual, comparando el antes y después de aplicar el floculante de moringa.

3.1.6.1 pH.

Tabla 16-3: Eficiencia del floculante en base al pH del agua residual tratada.

pH muestra cruda, Und.	pH muestra tratada, Und.	*Límite máximo permisible	Eficiencia de ajuste, %.
6,85	7,33	6-9	7

*TULSMA TABLA 10. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

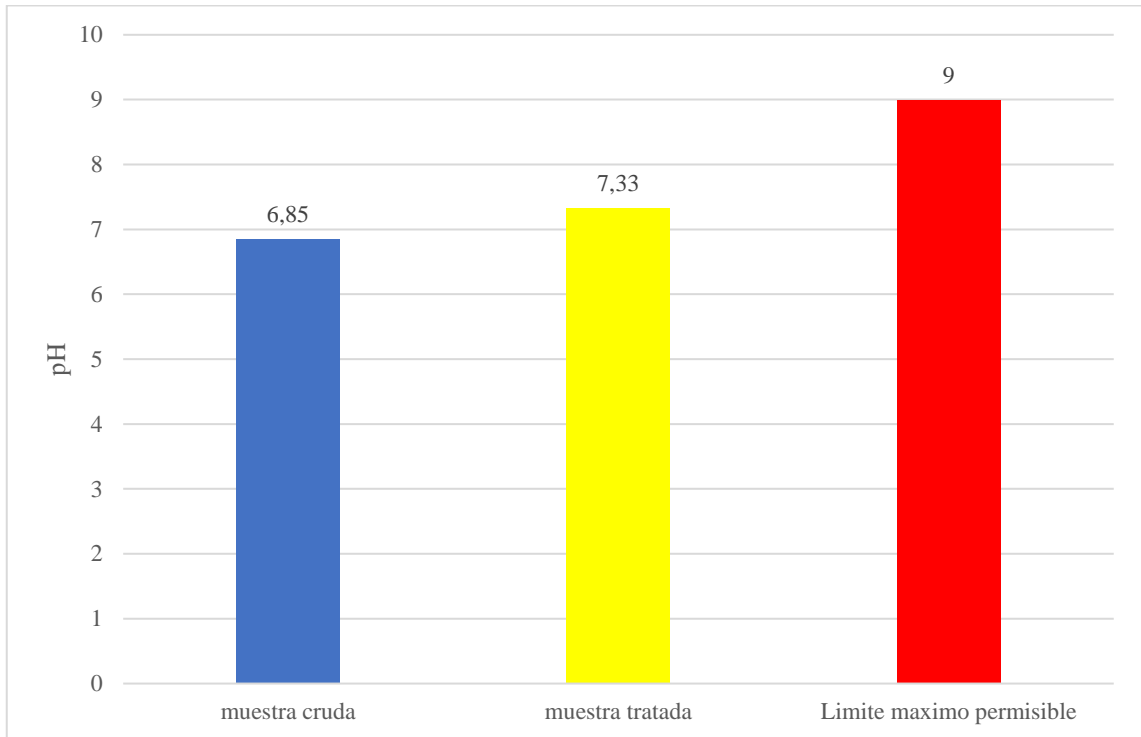


Gráfico 6-3: Eficiencia del floculante de *Moringa oleífera* para el pH.

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

De acuerdo con la información obtenida, la muestra de agua cruda posee un pH de 6,85 Und y la muestra tratada subió su pH a 7.33 Und con una eficiencia de ajuste de 7% en el proceso, este valor no es un resultado representativo puesto que las dos muestras de agua están en el límite máximo permisible.

3.1.6.2 Conductividad.

Tabla 17-3: Eficiencia del floculante en base a la conductividad del agua residual tratada.

Conductividad muestra cruda, $\mu\text{Siems/cm.}$	Conductividad muestra tratada, $\mu\text{Siems/cm.}$	*Límite máximo permisible	Eficiencia, %.
538,5	207,9	-	61,39

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

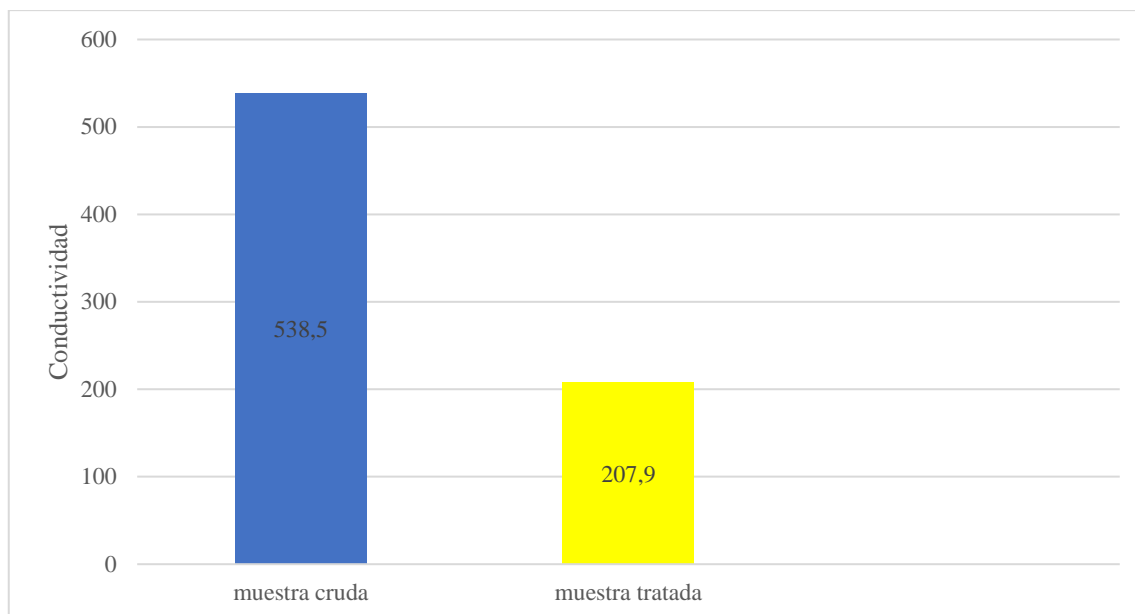


Gráfico 7-3: Eficiencia del floculante de *Moringa oleífera* para la conductividad.

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

De acuerdo con los resultados obtenidos se indica que el valor de la conductividad en la muestra cruda es de 538,5 μ Siems/cm y el valor en la muestra tratada es de 207,9 μ Siems/cm con una eficiencia de reducción de conductividad de 61,39%, indicando así que el floculante de *Moringa oleífera* es un buen reductor de conductividad en el tratamiento de aguas residuales.

3.1.6.3 Color.

Tabla 18-3: Eficiencia del floculante en base al color del agua residual tratada.

Color muestra cruda, Und. Co/Pt.	Color muestra tratada, Und. Co/Pt.	*Límite máximo permisible	Eficiencia, %.
301	112	Inapreciable en disolución 1/20	62,79

*TULSMA TABLA 10. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

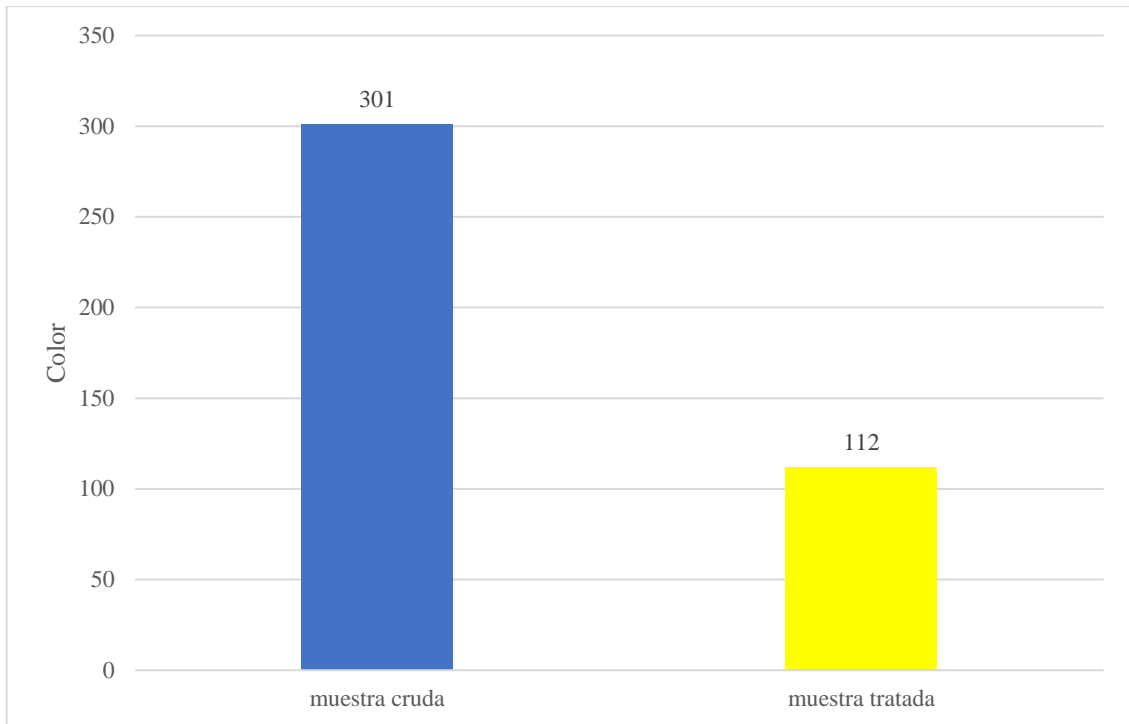


Gráfico 8-3: Eficiencia del floculante de *Moringa oleifera* para el color.

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

De acuerdo con los resultados obtenidos se indica que el valor del color en la muestra cruda es de 301 Und. Co/Pt y el valor en la muestra tratada es de 112 Und. Co/Pt con una eficiencia de reducción de color de 62,79%, indicando así que el floculante de moringa es un buen reductor de color en el tratamiento de aguas residuales.

3.1.6.4 Turbiedad

Tabla 19-3: Eficiencia del floculante en base a la turbiedad del agua residual tratada.

Turbiedad muestra cruda, NTU.	Turbiedad muestra tratada, NTU.	*Límite máximo permisible	Eficiencia, %.
120	11	-	90,83

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

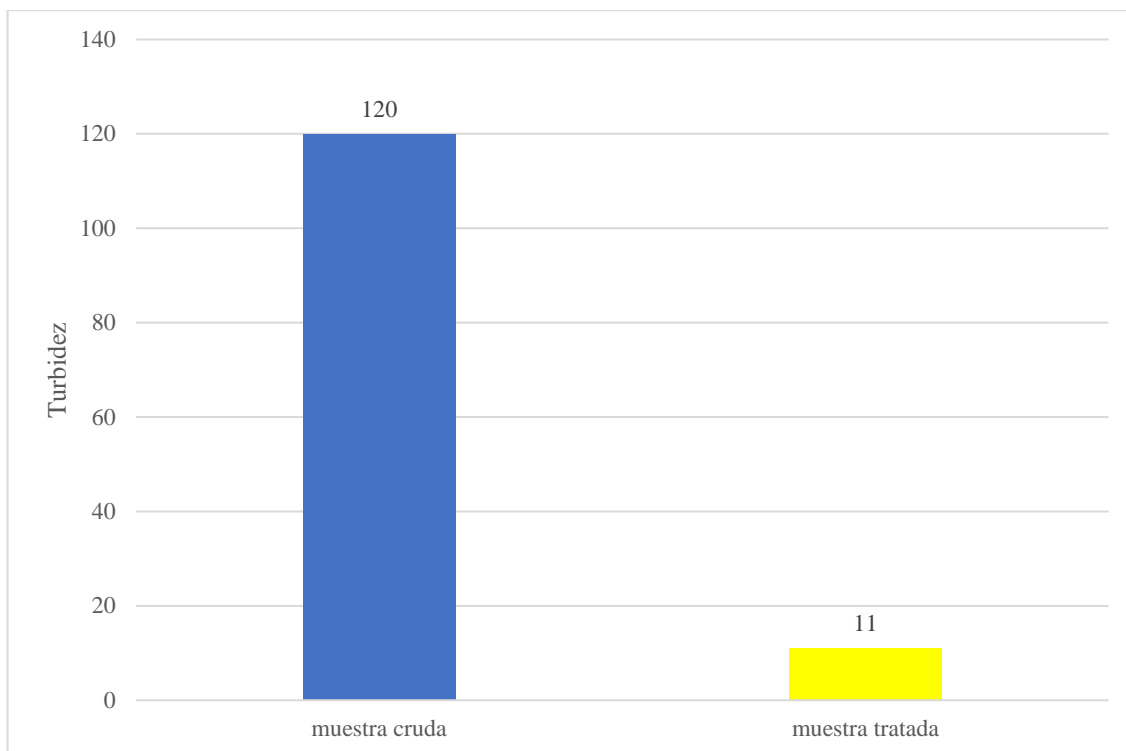


Gráfico 9-3: Eficiencia del floculante de *Moringa oleifera* para la turbiedad.

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

De acuerdo con los resultados obtenidos se indica que el valor de la turbidez en la muestra cruda es de 120 NTU y el valor en la muestra tratada es de 11 NTU con una eficiencia de reducción de turbidez de 90,83%, indicando así que el floculante de moringa es un buen reductor de turbidez en el tratamiento de aguas residuales.

3.1.6.5 Fosfatos.

Tabla 20-3: Eficiencia del floculante en base a los fosfatos del agua residual tratada.

Fosfatos muestra cruda, mg/L.	Fosfatos muestra tratada, mg/L.	*Límite máximo permisible	Eficiencia, %.
1,03	0,29	10	71,84

*TULSMA TABLA 10. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

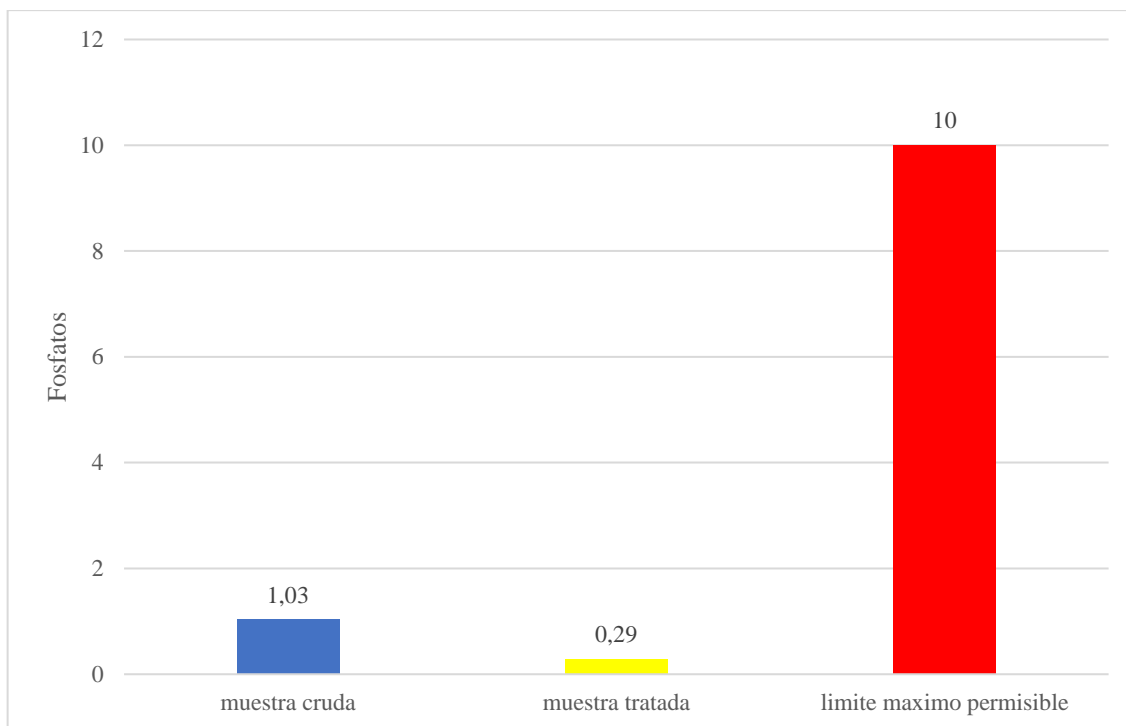


Gráfico 10-3: Eficiencia del floculante de *Moringa oleífera* para fosfatos.

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

De acuerdo con los resultados obtenidos se indica que el valor de fosfatos en la muestra cruda es de 1,03 mg/L y el valor en la muestra tratada es de 0,29 mg/L con una eficiencia de reducción de turbidez de 71,84%, indicando así que el floculante de moringa es un buen reductor de turbidez en el tratamiento de aguas residuales. Además de esto se puede observar que tanto la muestra cruda como la muestra tratada están dentro de los estándares que dice la normativa ecuatoriana vigente TULSMA Libro VI Anexo1 tabla 10.

3.1.6.6 Nitrógeno amoniacal.

Tabla 21-3: Eficiencia del floculante en base al nitrógeno amoniacal del agua residual tratada.

Nitrógeno amoniacal muestra cruda, mg/L.	Nitrógeno amoniacal muestra tratada, mg/L.	*Límite máximo permisible	Eficiencia, %.
0,18	0,20	30	11,11

*TULSMA TABLA 10. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

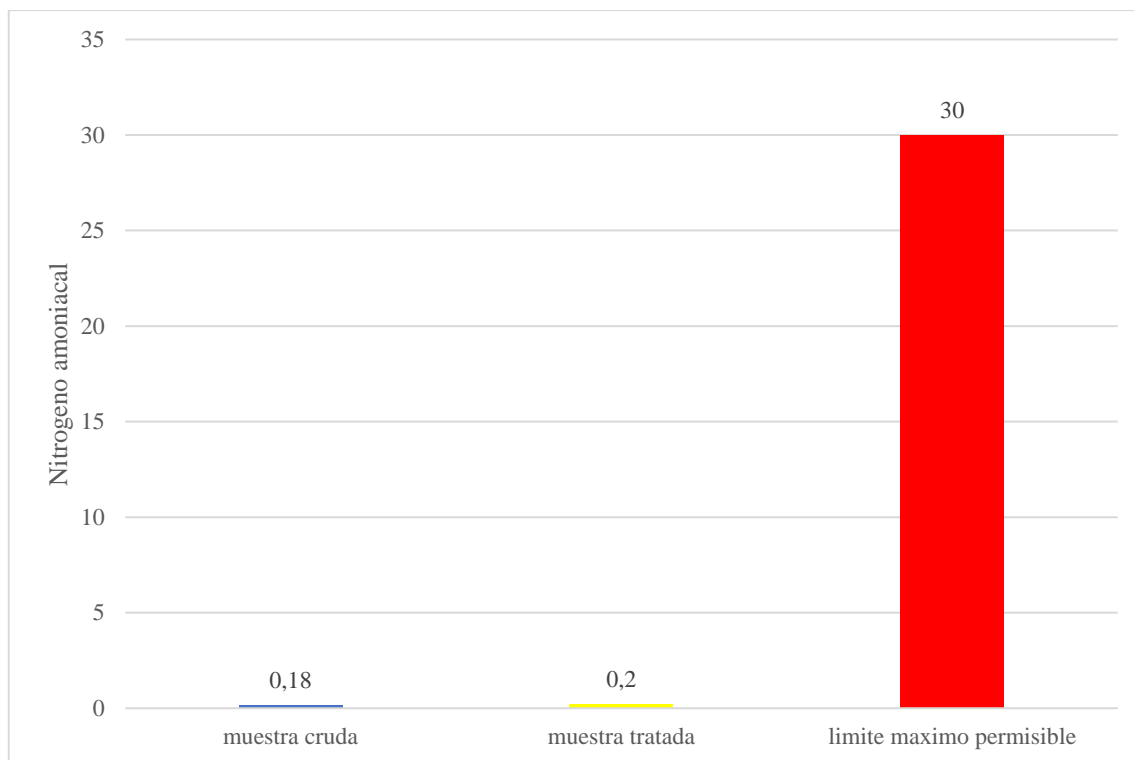


Gráfico 11-3: Eficiencia del floculante de *Moringa oleífera* para nitrógeno amoniacal.

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

De acuerdo con los resultados obtenidos se indica que el valor de nitrógeno amoniacal en la muestra cruda es de 0,18 mg/L y el valor en la muestra tratada es de 0,2 mg/L, con estos valores se puede dar cuenta que nitrógeno amoniacal casi no existe en este tipo de agua residual, y se puede interpretar que el floculante de moringa no actúa de ninguna manera sobre este parámetro, además que las 0,02 décimas que subió puede ser resultado del ambiente al que se sometieron los análisis.

Además de esto se puede observar que tanto la muestra cruda como la muestra tratada están dentro de los estándares que dice la normativa ecuatoriana vigente TULSMA Libro VI Anexo1 tabla 10.

3.1.6.7 Demanda química de oxígeno.

Tabla 22-3: Eficiencia del floculante en base a la DQO del agua residual tratada.

DQO muestra cruda, mg/L.	DQO muestra tratada, mg/L.	*Límite máximo permisible	Eficiencia, %.
320	152	100	52,5

*TULSMA TABLA 10. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

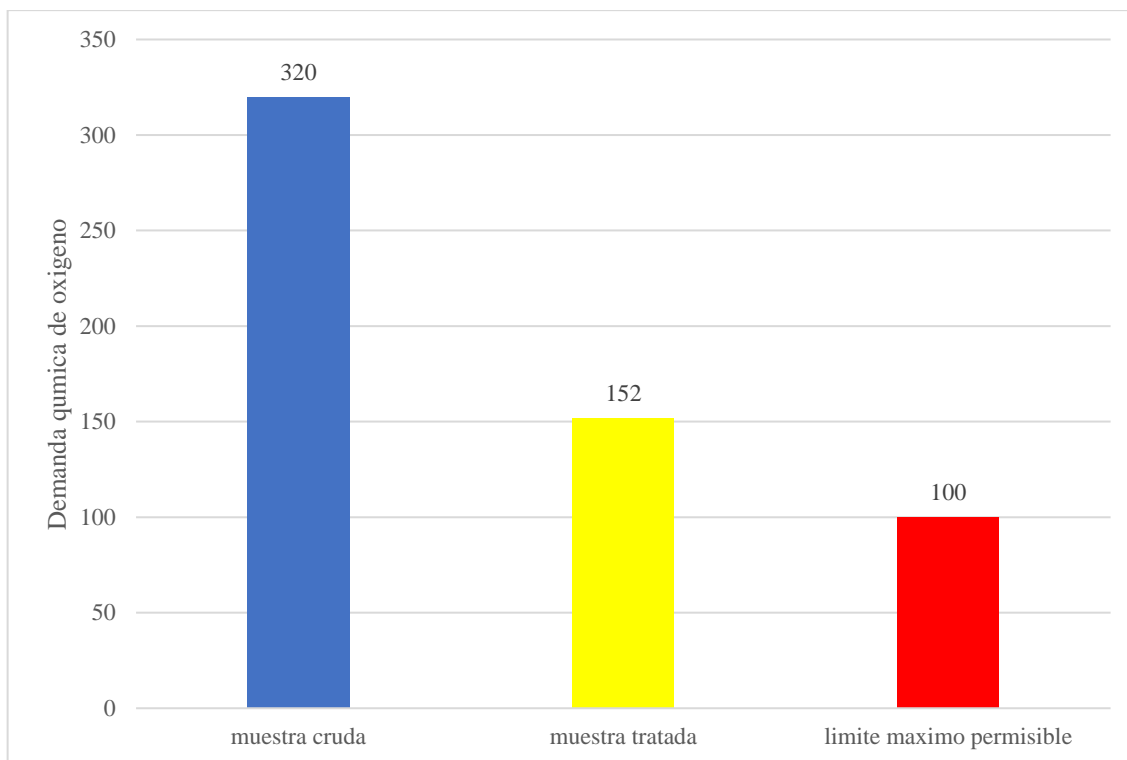


Gráfico 12-3: Eficiencia del floculante de *Moringa oleífera* para DQO.

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

De acuerdo con los resultados obtenidos se indica que el valor de DQO en la muestra cruda es de 320 mg/L y el valor en la muestra tratada es de 152 mg/L con una eficiencia de reducción de DQO de 52,5%, indicando así que el floculante de moringa es un buen reductor de DQO en el tratamiento de aguas residuales. Comparando el resultado de la muestra tratada con los estándares de la normativa ecuatoriana vigente TULSMA Libro VI Anexo1 tabla 10, se observa que no se ajusta al límite máximo permisible para DQO.

3.1.6.8 Demanda bioquímica de oxígeno.

Tabla 23-3: Eficiencia del floculante en base a la DBO₅ del agua residual tratada.

DBO ₅ muestra cruda, mg/L.	DBO ₅ muestra tratada, mg/L.	*Límite máximo permisible	Eficiencia, %.
202	69	50	65,84

*TULSMA TABLA 10. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

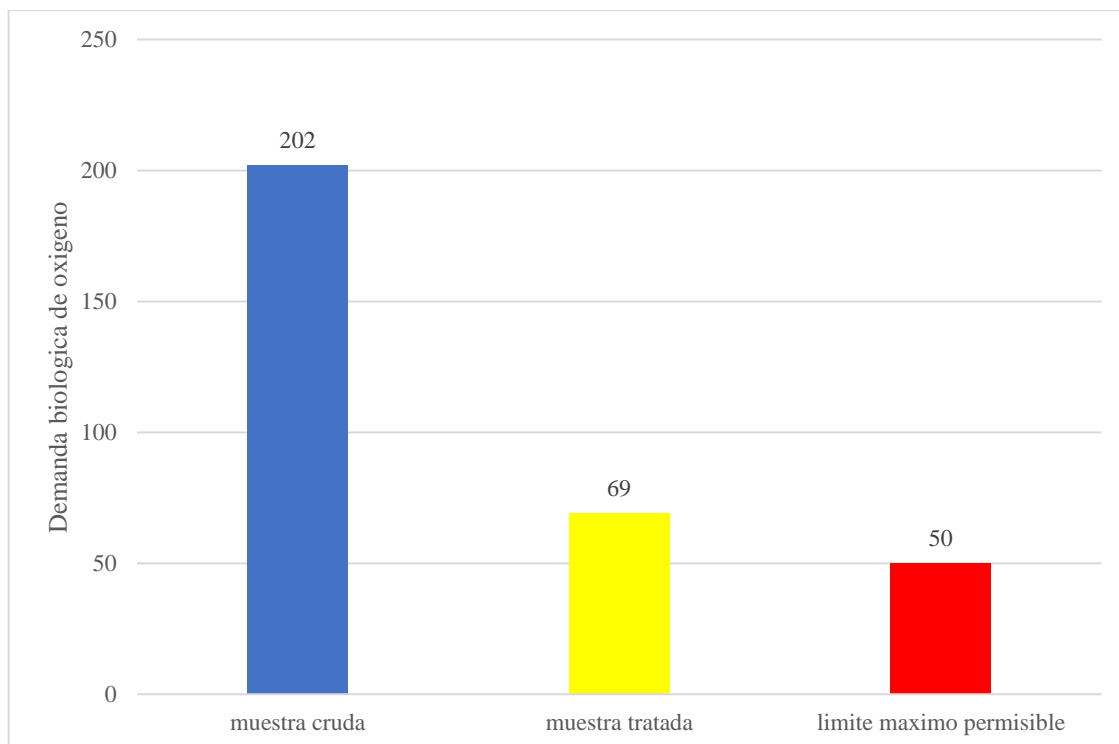


Gráfico 13-3: Eficiencia del floculante de *Moringa oleífera* para DBO₅.

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

De acuerdo con los resultados obtenidos se indica que el valor de DBO₅ en la muestra cruda es de 202 mg/L y el valor en la muestra tratada es de 69 mg/L con una eficiencia de reducción de DBO₅ de 65,84%, indicando así que el floculante de *Moringa oleífera* es un buen reductor de DBO₅ en el tratamiento de aguas residuales. Comparando el resultado de la muestra tratada con los estándares de la normativa ecuatoriana vigente TULSMA Libro VI Anexo1 tabla 10, se observa que no se ajusta al límite máximo permisible para DBO₅.

3.1.6.9 Sólidos totales.

Tabla 24-3: Eficiencia del floculante en base a los sólidos totales del agua residual tratada.

Sólidos totales muestra cruda, mg/L.	Sólidos totales muestra tratada, mg/L.	*Límite máximo permisible	Eficiencia, %.
490	212	1600	56,73

*TULSMA TABLA 10. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

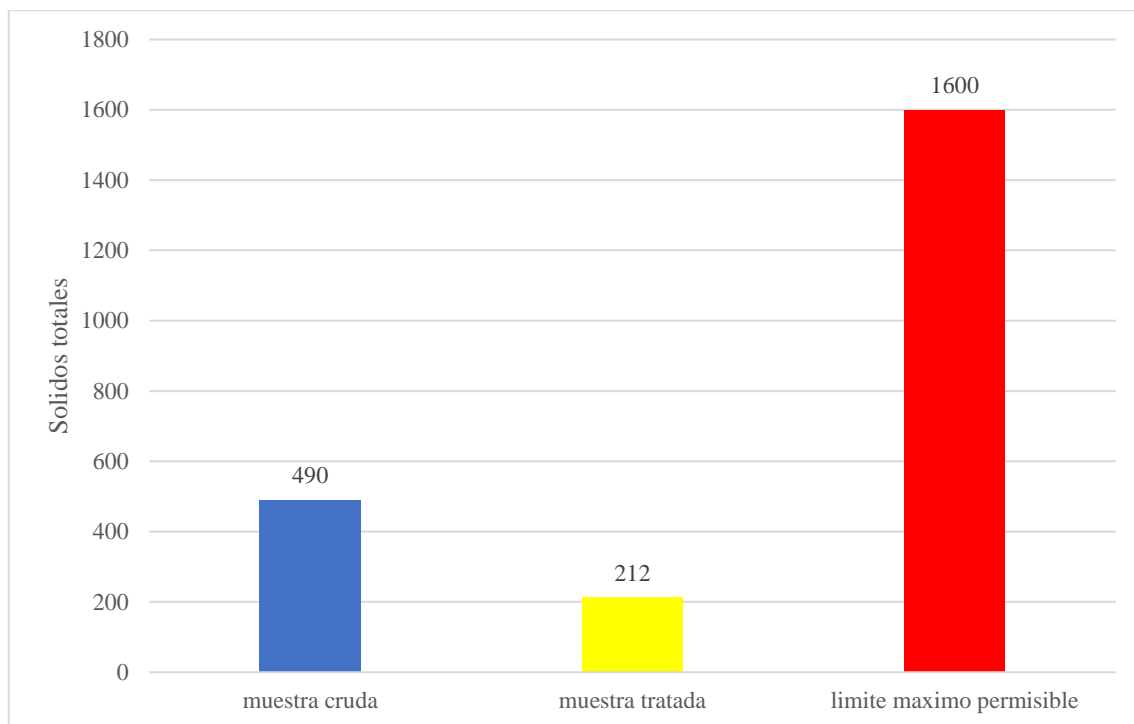


Gráfico 14-3: Eficiencia del floculante de *Moringa oleifera* para sólidos totales.

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

De acuerdo con los resultados obtenidos se indica que el valor de sólidos totales en la muestra cruda es de 490 mg/L y el valor en la muestra tratada es de 212 mg/L con una eficiencia de reducción de sólidos totales de 56,73%, indicando así que el floculante de moringa es un buen reductor de sólidos totales en el tratamiento de aguas residuales. Comparando el resultado de la muestra tratada y cruda con los estándares de la normativa ecuatoriana vigente TULSMA Libro VI Anexo1 tabla 10, se observa que estos valores se ajustan al límite máximo permisible para sólidos totales.

3.1.6.10 Coliformes fecales.

Tabla 25-3: Eficiencia del floculante en base a los coliformes fecales del agua residual tratada.

Coliformes fecales muestra cruda, UFC/100ml.	Coliformes fecales muestra tratada, UFC/100ml.	*Límite máximo permisible	Eficiencia, %.
69200	14000	Remoción > al 99,9%	79,77

*TULSMA TABLA 10. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

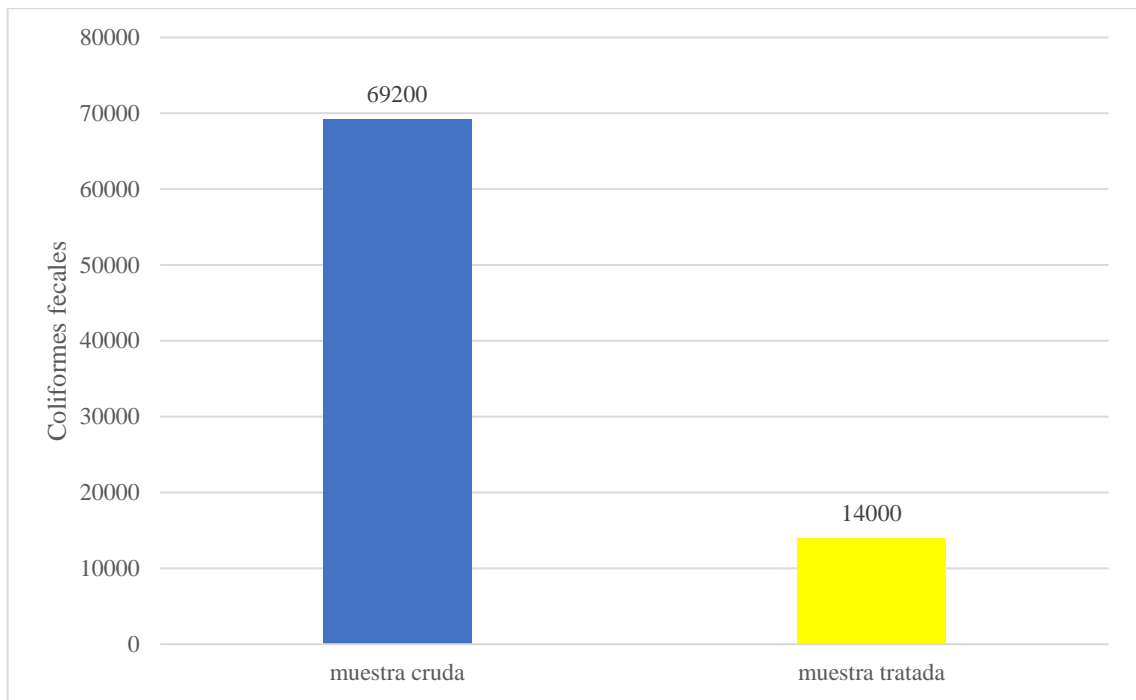


Gráfico 15-3: Eficiencia del floculante de *Moringa oleifera* para coliformes fecales.

Realizado por: Toapanta Taipe Dolores, ESPOCH, 2020.

De acuerdo con los resultados obtenidos se indica que el valor de coliformes fecales en la muestra cruda es de 69200 UFC/100ml y el valor en la muestra tratada es de 14000 UFC/100ml con una eficiencia de reducción de coliformes fecales de 79,77%, indicando así que el floculante de *moringa oleifera* es un buen reductor de coliformes fecales en el tratamiento de aguas residuales.

A continuación, en el gráfico 14-3. se proporciona las eficiencias de todos los parámetros para los que el floculante de *Moringa oleifera* resultó útil para remover las diferentes propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del agua residual tratada.

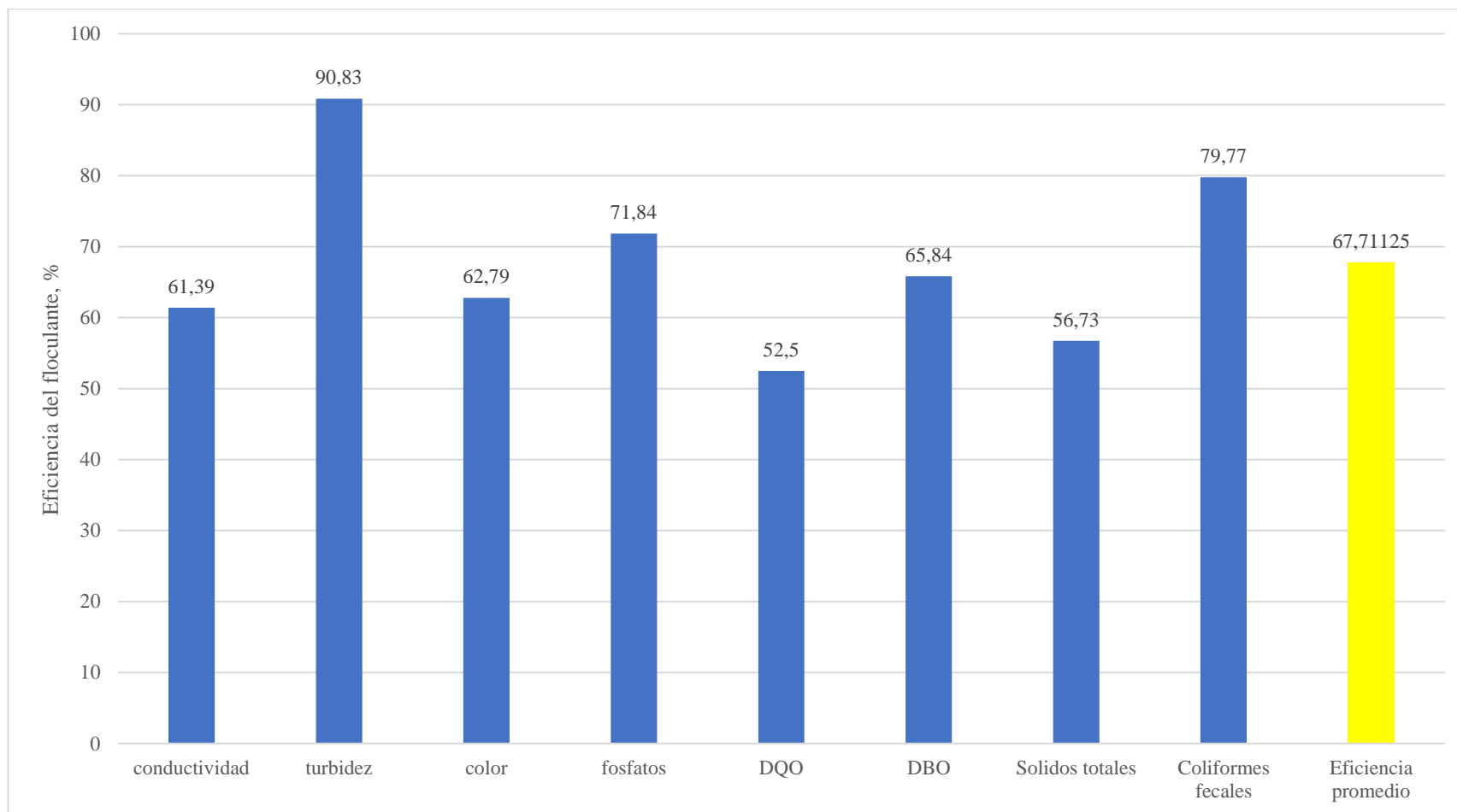


Gráfico 16-3: Eficiencia del floculante de *Moringa oleífera* en diferentes parámetros de agua residual.

Realizado por: Toapanta Taípe Dolores, ESPOCH, 2020.

3.2 Discusión de resultados.

En la caracterización inicial de las semillas de *Moringa oleífera* como materia prima se realizó el estudio de humedad y metales como el calcio y el hierro. El valor de la humedad en este estudio fue de 9,151% y comparando con (Adegbe, Larayetan, & Omojuwa, 2016) que tiene un valor de humedad de 10%, que es una cantidad similar a esta, nos dice que valores de humedad de 10% o similar a este son importantes para realizar el estudio para que la moringa sea usado como floculante. También se realizó el análisis de composición de metales como el calcio y hierro, con valores de 1,28% y 0,3% respectivamente, realizar este estudio es importante puesto que estos metales causan la dureza total en el agua, aunque principalmente es el Calcio el que causa esta dureza, puesto que puede formar sales solubles o insolubles e incluso puede llegar a formar incrustaciones que son muy difíciles de precipitar o separar del agua, es por esta razón que hay que tratar de no agregar ninguna fuente que pueda agregar este elemento en el agua. (Rondón, y otros, 2017); de acuerdo con el análisis realizado en las semillas con las que se realizó esta investigación, los niveles de humedad son aptos para trabajar con estas semillas para obtener un floculante, además las composiciones de los dos metales que también se analizó son sumamente bajos por lo que no habría ningún problema para realizar los análisis y pruebas posteriores

En el proceso de obtención del floculante de *Moringa oleífera* al realizar varios análisis de masa y cálculos de otro tipo en cada etapa del proceso, se obtuvo un rendimiento de obtención global de 56,56%, teniendo en cuenta que la mayor parte en donde hubo pérdidas de masa fue al momento de separar la cascara de la semilla de moringa, pero haciendo una relación con la efectividad y funcionalidad del floculante estas pérdidas no son considerables, además el proceso de obtención de un floculante de este tipo es sumamente económico, fácil de realizar y amigable con el ambiente a diferencia de los floculantes de tipo químico o tradicionales que tienen un costo mucho más alto como por ejemplo el sulfato de aluminio que incluso contamina el agua pudiendo llegar a producir enfermedades en animales o personas que puedan llegar a tener contacto con algún agua que haya sido tratada con este floculante químico.

Al realizar la caracterización del floculante de *Moringa oleífera* que se obtuvo a través del análisis proximal de este, se encontraron con valores de humedad del 8,3%, cenizas 4,6%, fibra 8,9%, grasa 2,81%, proteína 21,2% y un valor por diferencia de carbohidratos de 54,19%, comparando estos resultados con la bibliografía de apoyo, tenemos que, (Rondón, y otros, 2017) obtuvo resultados de humedad de 5,20%, cenizas de 5%, fibra de 5%, proteína de 11,31. Comparando estos resultados tenemos que los valores de proteína de nuestro floculante es mucho más alto que la bibliografía consultada pudiendo deducir que este floculante va a tener una gran eficiencia ya que según varios estudios, la parte coagulante activa de la moringa es la proteína

puesto que esta posee lectinas WSMoL, proteína soluble en agua y que posee propiedades antibacterianas, capaz de sedimentar los microorganismos presentes en ella y la lectina cMol que es la responsable de la propiedad coagulante. (Agra, 2010)

El contenido de proteína como de carbohidratos son altos en el floculante que se utilizó para esta investigación, y según estudios estas son las dos propiedades principales que debe poseer un floculante natural para ser eficaz al momento de realizar el proceso de coagulación- floculación, la moringa oleífera al poseer lectinas hace que estas proteínas se unan de forma reversible y selectiva a residuos específicos, en este caso los sólidos en suspensión y otros residuos que no se observan a simple vista, atrapándolos por efecto de diferencia de cargas electrostáticas, siendo de carga positiva el floculante y de carga negativa los residuos que se esperan separar del agua que se está tratando, esta unión se da a través de enlaces de hidrogeno y puentes de Van der Waals. (Agra, 2010)

En el análisis de la caracterización inicial del agua residual de la empresa florícola, se observa que, dentro de los parámetros fisicoquímicos, color, DQO y DBO₅ y el parámetro microbiológico coliformes fecales se encuentran fuera del límite máximo permisible que dicta la norma ecuatoriana vigente para descargas a efluentes de agua dulce, por lo que no es posible que esta empresa envíe este tipo de agua a un río sin que haya un tratamiento previo. Es por esta razón que la presente agua es idónea para realizar la presente investigación a través de diferentes pruebas en el agua residual con el floculante de moringa oleífera y así tratar de reducir el impacto ambiental que representa el descargar este tipo de agua a cualquier efluente de agua dulce. Este tipo de estudio permitirá comparar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de antes y después de aplicar el floculante con los estándares que dicta la norma vigente ecuatoriana TULSMA Libro VI Anexo 1 Tabla 10.

Al realizar la caracterización del floculante de *Moringa oleífera* se afirma que el mejor floculante es aquel que posee un contenido de grasa mucho menor, ya que según (Mendoza, Fernández, Gretty, & Altamira, 2000) aproximadamente el 40% de la grasa que posee la moringa no posee propiedades coagulantes y solo interfiere en el libro tratamiento del agua residual dejando residuos lipídicos en el agua que no ayuda en nada para que el tratamiento sea eficiente, por esta razón se utilizó el lote 3 que es aquel que tuvo 5 sifonadas al momento de extraer la grasa en el equipo extractor soxhlet, además de extraer grasa también se extrae el pigmento de las semillas de *Moringa oleífera*, para que así no haya cualquier tipo de interferencia al momento de realizar la lectura de este parámetro en la muestra de agua residual cruda que se va a tratar con el floculante.

Luego de seleccionar que lote iba a ser usado como el floculante para la realización de esta investigación se encontró que la dosificación adecuada del mismo es con una concentración del 3% en peso y con un volumen de 10ml, que debe ser aplicado a un litro de agua residual para

remover diferentes parámetros que posee el agua residual florícola. Esta selección se realizó a través de una prueba de jarras a una velocidad de agitación rápida por 5 minutos y luego a una velocidad de agitación lenta durante 10 minutos, luego de dejar sedimentar el resultado de la prueba de jarras por 30 minutos se procedió a medir el color y turbidez puesto que estos son parámetros principales a remover en las aguas residuales a diferentes dosis y concentraciones hasta llegar a la dosis adecuada.

También a través del test de jarras se encontró que no se puede agregar dosificación mayor a 10ml en 1 Litro de agua residual del floculante de moringa puesto que esta planta no es soluble en agua y tiene un nivel de fibra alta causando que la solución se sobresature y al momento de añadir más cantidad de floculante al agua residual los flóculos se destruyen ya que la diferencia de cargas electrostáticas sufre un desequilibrio y en lugar de tener que dos cargas opuestas, se tienen cargas iguales que se disipan, este fenómeno causa que los flóculos ya no se formen de manera adecuada y así aumenta la cantidad de sólidos sedimentables en el agua, aumentando así la turbidez en lugar de reducir.

Al realizar la comparación entre estudios similares se obtiene que (Rondón, y otros, 2017) al realizar el tratamiento con este floculante obtiene una remoción de turbidez de 40, 75% y 60,2% y (Acevedo, 2019) obtiene un porcentaje de remoción de turbidez de 40,3% y un porcentaje de remoción de color de 38,6%, ambos estudios son aguas de industrias que desembocan en un efluente de agua dulce.

Comparando los datos anteriores con los resultados que se obtuvo en este estudio se puede observar que los porcentajes de remoción de color y turbidez son mayormente más altos que los estudios anteriores, ya que en la remoción de turbidez se obtuvo un valor de 90,83% con un valor inicial de turbidez de 120NTU y un valor final de 11NTU y en la remoción de color se obtuvo un valor de 62,79% con un valor inicial de color de 301 y un final de 112, logrando así una eficiencia aceptable para la remoción de estos dos parámetros del agua residual, afirmando que la selección de la dosificación del floculante fue la correcta. Un aspecto importante que también hay que tener en cuenta es que mientras más turbidez exista en un agua residual mayor será la eficiencia de remoción de este parámetro por parte del floculante de moringa.

Otro parámetro del que también se realizó el análisis en el agua residual fue el de pH en donde existió un aumento luego de adicionar el floculante de moringa, el agua inicial posee un pH mínimamente ácido con un valor de 6,85 y al adicionar el pH se obtuvo uno con un valor de 7,33; este ajuste de pH se da ya que al tener un pH ácido el agua posee iones de hidrógeno disueltos en el agua y al entrar en contacto con los aniones del floculante, estas cargas se van neutralizando y

así subiendo su pH, haciendo el agua suba su alcalinidad, es así como se obtuvo un pH final del agua tratada de 7,33.

La conductividad inicial del agua residual es de 538 μ Siems/cm, al poner en contacto el agua con el floculante se obtuvo una reducción de este valor hasta 2017,9 μ Siems/cm, obteniendo así una eficiencia de 61,39% en la remoción de este parámetro, evidenciando así que el floculante neutralizo las cargas de los iones disueltos que también ayudan al aumento de la conductividad, así como también ayuda a la reducción de ciertos metales y así disminuye la conductividad del agua residual estudiada.

Los valores de fosfatos y nitrógeno amoniacal iniciales fueron de 1.03 mg/L y 0.18 mg/L respectivamente, como se puede observar no fueron en mayor cantidad, pues esta agua casi no poseía estos parámetros, asimismo estos valores ya estaban dentro de los límites máximos permisibles que la normativa ambiental vigente decreta; sin embargo luego de realizar el tratamiento con el floculante de *Moringa oleífera* se observa que los fosfatos disminuyeron a 0,29 mg/L con una gran eficiencia de remoción de 71,84%, hay que tener en cuenta que el fosforo es un factor importante en la vida de organismos acuáticos como son las algas y estas a su vez hacen que la calidad del agua disminuya. En la remoción de nitrógeno amoniacal el floculante de *moringa oleífera* no contribuye de ninguna manera puesto que el valor final en el agua tratada de este parámetro fue de 0,20 mg/L, prácticamente el mismo valor que se obtuvo al inicio.

En la demanda química de oxígeno se puede apreciar que el valor inicial es de 320 mg/L, este gran valor se debe a los pesticidas y fertilizantes que se ocupan en la siembra de las rosas provenientes de la empresa florícola; luego de aplicar el tratamiento este valor disminuyo a 152 mg/L, disminuyendo así la carga orgánica y como resultado se obtiene una eficiencia de remoción de 52,5%, demostrando así que la *Moringa oleífera* también posee un alto poder de oxidación, capaz de realizar una eficiente remoción de DQO.

En base a la eficiencia de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, tuvo un alto poder de remoción de este parámetro con una valor de 65,84%, esta alta eficiencia para tratar este parámetro se debe a que la *moringa oleífera* posee un alto contenido de proteínas llamadas lectinas WSMoL, esta proteína además de ser soluble en agua, posee propiedades antibacterianas, además que su naturaleza orgánica hace que al ponerse en contacto con los contaminantes de también origen orgánico, crean flóculos más grandes y compactos, haciendo que este parámetro pueda reducirse en una cantidad considerablemente alta.

Los sólidos totales tuvieron un valor inicial de 490 mg/L y un valor luego de aplicar el tratamiento de 212 mg/L, llegando a eliminar una cantidad considerable de estos sólidos, con una eficiencia de 56,73% así también los coliformes fecales tuvieron una eficiencia de remoción de 79,77%,

afirmando una vez más que la cantidad proteica que posee el floculante de moringa es evidentemente muy bueno para remover los parámetros físico químicos y microbiológicos que poseen el agua residual, reduciendo así el impacto que tendría que este tipo de aguas descarguen en un efluente de agua dulce.

Observando las diversas eficiencias de remoción de todos los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que se analizaron, se dice que la eficiencia de remoción global de todos estos parámetros es igual a 67,71%, una cantidad realmente aceptable para un floculante de tipo natural.

CONCLUSIONES

La eficiencia de la *Moringa oleífera* como floculante para el tratamiento de aguas residuales de la empresa florícola “La Esperanza” tuvo un valor de 67,71%, con una eficiencia de remoción de más del 50% en 8 de los 10 parámetros que se analizaron, siendo la turbidez, coliformes fecales, fosfatos y DBO₅ los parámetros que más altos porcentajes de remoción tuvieron, 90,83%, 79,77%, 71,84% y 65,84% respectivamente.

En el proceso de obtención del floculante de *Moringa oleífera* se realizaron los procesos de molienda, tamizado, extracción y secado, con un rendimiento del proceso de 56,56%, en donde el contenido de proteína fue de 21,2%, siendo esta la parte coagulante activa de la moringa al poseer lectinas WSMoL, que es una proteína soluble en agua y que posee propiedades antibacterianas capaz de sedimentar los microorganismos presentes en ella y la lectina cMol que es la responsable de la propiedad coagulante.

En el análisis fitoquímico realizado a la harina de semillas de moringa se encontró que en su composición tiene calcio y hierro, con valores de 1,28% y 0,3% respectivamente, estos valores siempre deben ser bajos ya que estos dos son los metales que causan dureza en la composición del agua y es importante no tener ninguna fuente que pueda alterar este parámetro. También se encontró que la harina tuvo una humedad de 9,151%.

En la caracterización inicial de la muestra del agua cruda se realizó un análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos más importantes del agua residual florícola como pH, conductividad, turbidez, color, nitrógeno amoniacal, fosfatos, DQO, DBO₅, y coliformes fecales. Luego de realizar las pruebas de tratabilidad al agua residual florícola con el floculante a través de la prueba de jarras a una velocidad de agitación rápida de 5 minutos y una velocidad de agitación lenta de 10 minutos dictaminaron que la dosificación correcta para el tratamiento del agua residual florícola en la etapa de coagulación- floculación con las semillas de *Moringa oleífera* es con una concentración de 3000mg/L, obteniendo así valores de eficiencia de remoción de turbidez y color de de 90,83% y 62,79% respectivamente.

Luego de realizar el tratamiento con el floculante natural de moringa los resultados que se obtuvieron en la caracterización final de la muestra tratada del agua residual florícola de los parámetros DQO, DBO₅ y coliformes fecales con valores de 152mg/L, 69mg/L y 14000 UFC/100ml están fuera del límite máximo permisible que dice la normativa, mientras que los demás parámetros ya se encontraban dentro de los estándares que dicta la normativa ecuatoriana vigente TULSMA Libro VI Anexo 1 Tabla 10 antes de realizar las pruebas de tratabilidad con el floculante de *Moringa oleífera*.

RECOMENDACIONES

Para próximas investigaciones, buscar muestras de agua que tengan un alto valor de turbidez, puesto que mientras mayor sea la turbidez mayor será el aprovechamiento de la parte coagulante activa de la *Moringa oleífera*.

Se recomienda realizar un estudio con los residuos que se generan en el proceso de extracción de aceite de moringa para obtener un floculante.

Al momento de realizar la extracción por soxhlet, hacerlo en un equipo extractor pequeño, ya que el tiempo de extracción es directamente proporcional al tamaño y volumen de solvente que se utiliza.

En la molienda es necesario buscar un molino que reduzca el tamaño de forma eficiente ya que al momento de realizar el tamizaje hay muchas pérdidas de la harina de *Moringa oleífera* porque la molienda no es eficaz.

Probar la eficiencia del floculante de *Moringa oleífera* en otro tipo de aguas residuales, así como también para la potabilización de agua.

La presente investigación es un tipo de tratamiento secundario para aguas residuales, se recomienda investigar que tipo de tratamiento terciario se puede aplicar luego de este, para una remoción efectiva de los parámetros que están fuera del límite máximo permisible; además investigar si un tratamiento biológico puede o no ser factible para el mismo.

GLOSARIO

Coagulación: Proceso en donde las partículas coloidales presentes en el agua sufren una desestabilización química por la adición de determinados aditivos químicos llamados floculantes. (Vargas, 2018)

Estabilidad oxidativa: Es una reacción química que ocurre cuando se combinan el aceite y el oxígeno. (Cabrera, Fleites, & Contreras, 2009)

Febrífugo: Sustancia, compuesto o elemento que sirve para reducir la fiebre. (Villareal & Ortega, 2014)

Floculación: Tratamiento secundario para aguas residuales, tiene la propiedad de formar flóculos de masa más pesada que el agua y así desciende hasta el fondo. (Lorenzo, 2006)

Fuerzas de Van der Waals: Cierta tipo de fuerzas intermoleculares atractivas o repulsivas, diferentes de aquellas que generan los enlaces atómicos o la atracción electrostática entre iones y otras moléculas. (Raffino, 2020)

Lectina cMol: Tipo de proteína presente en las semillas de moringa que tiene propiedades floculantes. (Agra, 2010)

Lectina WSMoL: Proteína soluble en agua y que posee propiedades antibacterianas capaz de sedimentar los microorganismos presentes en ella. (Agra, 2010)

Marula: Árbol perenne de tamaño medio cuyo aceite que es extraído de sus frutos es utilizado en cosmética para fabricar labiales y maquillaje. (Portillo, 2020)

Moringa oleífera: Planta de origen indio, de la familia *Moringáceas* se caracteriza por tener hojas pinnadas, una vaina larga leñosa y flores que poseen un plano de simetría bilateral o zigomorfo. (Velásquez, Peón, Bautista, & Jiménez, 2016)

Movimiento Browniano: Desplazamiento irregular de pequeñas partículas que se encuentran en un elemento. (Raffino, 2020)

Polielectrolitos: Iones de carga eléctrica neta. (Cabrera, Fleites, & Contreras, 2009)

Prueba de jarras: Tratamiento de aguas residuales el cual consiste en realizar movimientos rápidos y lentos con una paleta de agitación al colocar un floculante en el agua residual hasta que forme partículas de peso más grande que el agua y estas sedimenten hasta el interior del recipiente que lo contiene. (Acevedo, 2019)

Pterigospermina: Antibiótico para tratar el cólera. (Villareal & Ortega, 2014)

Taninos: Compuestos polifenólicos, mas o menos complejos, de origen vegetal, masa molecular relativamente elevada, sabor astringente. (Gottau, 2009)

Taxonomía: Clasificación de un tipo de especie de forma jerárquica. (Raffino, 2020)

Zigomorfo: Forma de un plano de simetría bilateral. (Velásquez, Peón, Bautista, & Jiménez, 2016)

BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO, Ernesto. Uso de semillas de moringa (*Moringa oleifera*) como floculante natural para la purificación de aguas crudas de Rio negro, Rio de oro y Quebrada floridablanca, Santander. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad de Santander, Bucaramanga, Colombia. 2019, pp. 20-33. [Consulta: 17 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://repositorio.udes.edu.co/handle/001/1050?mode=full>.

ADEGBE, A.; et al. “Proximate Analysis, Physicochemical Properties and Chemical Constituents Characterization of Moringa Oleifera (*Moringaceae*) Seed Oil Using GC-MS Analysis”. *American Journal of Chemistry*. 87,2 (2016), (Estados Unidos) pp. 23-28.

AGRA, Afonso. EFEITO DE LECTINAS DE *Moringa oleifera* NA SOBREVIVÊNCIA E ATIVIDADE DE ENZIMAS DE LARVAS DE *Aedes aegypti* SUSCEPTÍVEIS E RESISTENTES A ORGANOFOSFORADO. [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Federal de Pernambuco, Brasil. 2010, pp. 23-29. [Consulta: 7 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/12570>

ANDÍA, Yolanda. SEDAPAL. *Tratamiento de agua: coagulación-floculación*. [En línea] 18 de enero de 2000. [Consulta: 20 de Julio de 2020.] https://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154.

ASTUDILLO, Cristian & MERA, Carlos. Dosificación de pasta de *moringa oleifera* como coagulante-floculante natural para el pretratamiento de aguas superficiales. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador. 2017, pp 34-45. [Consulta: 17 de agosto de 2020]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/42506?show=full>.

CABRERA, Xiomara; et al. Estudio del proceso de tratamiento químico-físico de coagulación-floculación en residuales líquidos. [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Central Marta Abreu de las Villas, Villa Clara, Cuba. 2009, pp. 16-42. [Consulta: 5 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/1287/Q07034.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

DOMÉNECH, Guillermo; et al. “Moringa oleifera: Revisión sobre aplicaciones y usos en alimentos”. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. [En línea], 2017, (Venezuela) 67(2), pp.

86-97. [Consulta: 5 de agosto de 2020]. Disponible en:
http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0004-06222017000200003&script=sci_abstract

ECHEVERRÍA, J. “Empleo de semillas de moringa oleífera en el tratamiento de residuales líquidos”. *Revista de ingeniería hidráulica y ambiental*, 38,2 (2017), (Cuba) pp. 38-48.

GOTTAU, Gabriela. *Vitónica*. [Blog]. Argentina: 24 de Agosto, 2009. [Consulta: 17 de noviembre de 2020]. <https://www.vitonica.com/alimentos/que-son-y-que-propiedades-tienen-los-taninos#:~:text=Adem%C3%A1s%20tienen%20acci%C3%B3n%20antioxidante%20que,e%20hierro%20o%20las%20prote%C3%ADnas%20>

GUZMAN, Luis; et al. “Reducción de la turbidez del agua usando coagulantes naturales: una revisión”. *Revista U.D.C.A. Actualidad y Divulgación Científica*, 16, 2 (2013), (Colombia) pp. 253-262.

HERNÁNDEZ, S.; et al. “Eficacia de la semilla de Moringa oleífera en el aclaramiento del agua”. *Revista universidad y ciencia*. [En línea], 2016, (Nicaragua) 9(14), pp. 31-44. [Consulta: 20 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.5377/uyc.v9i14.4557>

KLEIMAN, R.; et al. *Comparacion de dos Aceites de semillas utilizadas en cosmeticos, moringa y marula*. . s.l. : Cultivos y Productos Industriales, 2008.

LÓPEZ, Juan José. *Moringa oleifera.: Biología, Botánica, Propiedades nutricionales y Medicinales*. Sevilla : Universidad de Sevilla, 2016, págs. 9-12.

LORENZO, Yaniris. *Estado del arte del tratamiento de aguas por coagulación-floculación*. Ciudad de La Habana : Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar, 2006.

MARK, Olson & JED, Fahey. Moringa oleifera: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 82, 4 (2011), (México) pp. 50-84.

MENDOZA, Iván; et al. *Uso de la Moringa oleifera como coagulante*. Venezuela, Maracaibo: Ciencia, 2000, págs. 1-8.

MORALES, F; et al. “Tratamiento de aguas residuales de rastro mediante semillas de moringa oleifera lam como coagulante”. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 10, 3 (2009), (México) pp. 523-529.

NUÑEZ, E. Validación de la efectividad de la semilla de Moringa oleifera como coagulante natural del agua, destinada al consumo humano. Morocelí, Honduras : Zamorano, 2007.

PORTILLO, Germán. *JardineríaOn*. [Blog]. España. [Consulta: 17 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://www.jardineriaon.com/marula.html>.

RAFFINO, María. *Concepto.de*. [Blog]. Argentina: 3 de Julio, 2020. [Consulta: 17 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://concepto.de/fuerzas-de-van-der-waals/>.

RONDÓN, Maylín; et al. “Empleo de semillas de Moringa oleífera en el tratamiento de residuales líquidos”. *Riha*. [En línea], 2017, (Cuba) 38(2), pp. 87-101. [Consulta: 20 de septiembre de 2020]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1680-03382017000200007&lng=es&nrm=iso

SANDOVAL, M & LAINES, J. “Moringa oleífera una alternativa para sustituir coagulantes metálicos en el tratamiento de aguas superficiales”. *Revista Ingeniería*, 17,2 (2013), (Colombia) pp. 93-101.

TULSMA, Libro VI Anexo 1. *Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua*.

VARGAS, Antonio. Evaluación de la eficiencia de la tuna (*Opuntia Ficus Indica*) como coagulante natural para el tratamiento de aguas residuales. [En línea] (Trabajo de titulación). (pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2018, pp. 34-45. [Consulta: 17 de septiembre de 2020]. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/8660/1/96T00462.pdf>

VELÁSQUEZ, M.; et al. “Moringa oleífera Lam: usos potenciales en la agricultura, industria y medicina”. *Revista chapingo. Serie horticultura*. [En línea], 2016, (México) 22(2), pp. 95-116. [Consulta: 1 de agosto de 2020]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1027-152X2016000200095&lng=es&nrm=iso

VILLAREAL, Alejandro & ORTEGA, Keila. “REVISIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS Y USOS DE LA PLANTA MORINGA OLEÍFERA”. *Revista investigación y desarrollo*. [En línea], 2014, (Colombia) 22(2), pp. 309-330. [Consulta: 5 de agosto de 2020]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.14482/indes.22.2.6272>

ANEXOS

ANEXO A: ANÁLISIS FITOQUÍMICO DEL POLVO DE MORINGA



Contáctanos: 0998580374 - 032924322
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Fecha: 08 de octubre del 2020
Análisis solicitado por: Srta. Sofia Toapanta
Tipo de muestras: Harina de Moringa Oleifera
Procedencia de la muestra: Riobamba

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
Calcio	mg/L	INEN-979	0.3
Hierro	mg/L	INEN-974	1.28
Humedad	%	INEN-1235	9.11



Observaciones:

Atentamente.

Servicio de Análisis
Químicos y
Microbiológicos
Dra. Gina Álvarez
Telf. 2 924 322 // Cel. 0998580374

Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

ANEXO B: ANÁLISIS PROXIMAL DEL FLOCULANTE DE MORINGA

	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	
	FACULTAD DE CIENCIAS	
	LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA	

HOJA DE REPORTE DE RESULTADOS

1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA


MUESTRA	Polvo de semillas de <i>moringa oleifera</i> usado como floculante natural
ESTADO DE LA MUESTRA	Sólido
NOMBRE DE LA MUESTRA	POLVO DE MORINGA
FECHA DE INICIO DE LOS ANÁLISIS EN EL LABORATORIO	29-09-2020
LUGAR DE MUESTREO	ESPOCH- LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
ANÁLISIS REALIZADO	ANÁLISIS PROXIMAL

2. RESULTADOS
Análisis Químico Proximal

Determinaciones	Unidades	Resultados
Humedad	%	8.3
Cenizas	%	4.6
Fibra	%	8.9
Grasa	%	2.81
Proteína	%	21.2
Calcio	%	1.28
Hierro	mg/L	0.3

Realizado por: Dolores Sofia Toapanta Taipe
Fuente: Laboratorio de Calidad de agua
Dirigido por: Dra. Gina Álvarez R.

Atentamente,



Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO
DE CALIDAD DE AGUA, ESPOCH

ANEXO C: CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA RESIDUAL, MUESTRA CRUDA



Dirección: 11 de Noviembre y Milton Reyes. contacto 098580374 mail: galvarez101@yahoo.es

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Sofia Toapanta

Fecha de Análisis: 08 de octubre del 2020

Tipo de muestras: Agua Residual, Muestra Cruda

Localidad: Cantón Riobamba - Provincia de Chimborazo.

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	Resultados
pH	Und.	4500- H ⁺ B	6.85
Conductividad	◆◆Siems/c	2510-B	538.5
Color	Und. Co/Pt	2120-C	301
Turbiedad	UTN	2130-B	120
Fosfatos	mg/L	4500-P-D	1.03
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	4500-NH ₄ -C	0,18
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-D	320
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	202
Sólidos Totales	mg/L	2540-B	490
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	9222-D	69,200

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULSMA TABLA 10. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Observaciones:

Atentamente,



Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TECNICO LABOATORIO SAQMIC

ANEXO D: CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA RESIDUAL, MUESTRA TRATADA



Dirección: 11 de Noviembre y Milton Reyes. contacto 098580374 mail: galvarez101@yahoo.es

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Sofia Toapanta

Fecha de Análisis: 08 de octubre del 2020

Tipo de muestras: Agua Residual, Muestra Tratada

Localidad: Cantón Riobamba - Provincia de Chimborazo.

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	Resultados
pH	Und.	4500- H ⁺ B	7.33
Conductividad	◆◆Siems/c	2510-B	207.9
Color	Und. Co/Pt	2120-C	112
Turbiedad	UTN	2130-B	11
Fosfatos	mg/L	4500-P-D	0.29
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	4500-NH ₄ -C	0.20
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-D	152
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	69
Sólidos Totales	mg/L	2540-B	212
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	9222-D	14,000

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULSMA TABLA 10. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO SAQMIC

ANEXO E: TABLA 10. LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE.
TULSMA

REVISIÓN DEL ANEXO I DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE, NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA

TABLA 10. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	30,0
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro Total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	En carbon cloriformo ECC	mg/l	0,1
Clouros	Cl ⁻	mg/l	1.000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Suprimible en dilución 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁶⁺	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	50,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	100,0
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruro	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Válvulas		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50,0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	80,0
Sólidos totales	ST	mg/l	1.600
Sulfitos	SO ₃ ²⁻	mg/l	1000
Sulfuros	S ²⁻	mg/l	0,5
Temperatura	°C		< 35
Trienoctinos	Activos al izar de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0

* La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida

ANEXO F: SELECCIÓN DE MATERIA PRIMA

a)



b)



c)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA MORINGA OLEIFERA COMO FLOCULANTE PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES”		
a. Semillas de <i>Moringa oleifera</i> con cáscara	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO	FACULTAD DE CIENCIAS			
b. Descascarado	<input checked="" type="checkbox"/> APROBADO	ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA			
c. Semillas totalmente limpias	<input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR	Elaborado por: Toapanta Taípe Dolores Sofía	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2020/11/12

ANEXO G: MOLIENDA Y TAMIZAJE



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA: <input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA Elaborado por: Toapanta Taípe Dolores Sofía	“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA MORINGA OLEIFERA COMO FLOCULANTE PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES”		
d. Molienda de las semillas de moringa e. Harina de moringa f. Tamizaje de la harina			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2020/11/12

ANEXO H: EXTRACCIÓN DE GRASA Y PIGMENTO

g)



h)






i)

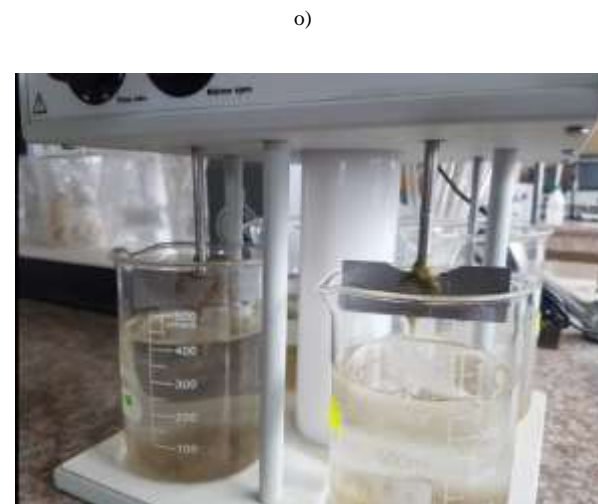


NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA MORINGA OLEIFERA COMO FLOCULANTE PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES”								
g. Equipo extractor Soxhlet h. Proceso de extracción de grasa y pigmento de moringa i. Grasa y pigmento obtenidos	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR	FACULTAD DE CIENCIAS				<table border="1"> <thead> <tr> <th>LÁMINA</th> <th>ESCALA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1:1</td> <td>2020/11/12</td> </tr> </tbody> </table>			LÁMINA	ESCALA	FECHA
LÁMINA	ESCALA	FECHA									
1	1:1	2020/11/12									
		ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA									
		Elaborado por: Toapanta Taípe Dolores Sofía									

ANEXO I: SOLUCIONES DE FLOCULANTE DE MORINGA

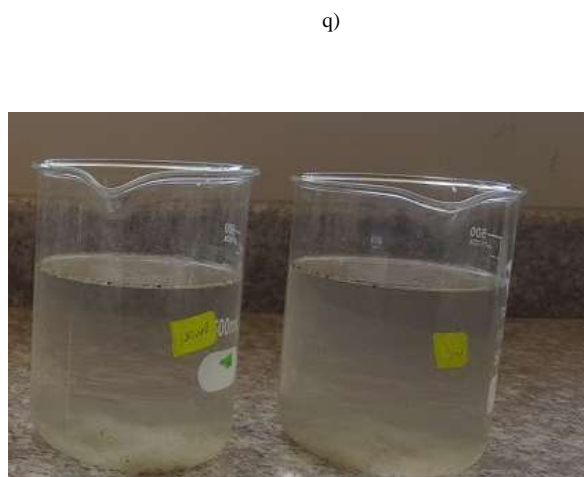
<p>j)</p> 	<p>k)</p> 	<p>l)</p> 							
<p>NOTAS:</p> <p>j. Flocculante con concentración del 1%.</p> <p>k. Flocculante con concentración del 2%</p> <p>l. Flocculante con concentración del 3%.</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</p> <p><input type="checkbox"/> CERTIFICADO</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> APROBADO</p> <p><input type="checkbox"/> POR APROBAR</p> <p><input type="checkbox"/> POR CALIFICAR</p> <p><input type="checkbox"/> POR VERIFICAR</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p>ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</p> <p>Elaborado por: Toapanta Taipe Dolores Sofia</p>	<p>“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA MORINGA OLEIFERA COMO FLOCULANTE PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES”</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>LÁMINA</th> <th>ESCALA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1:1</td> <td>2020/11/12</td> </tr> </tbody> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	1	1:1	2020/11/12
LÁMINA	ESCALA	FECHA							
1	1:1	2020/11/12							

ANEXO J: PRUEBA DE JARRAS



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA <i>MORINGA OLEIFERA</i> COMO FLOCULANTE PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES”								
m. Inserción del floculante en el agua residual	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO	FACULTAD DE CIENCIAS				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">LÁMINA</th> <th style="width: 33%;">ESCALA</th> <th style="width: 33%;">FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">1:1</td> <td style="text-align: center;">2020/11/12</td> </tr> </tbody> </table>			LÁMINA	ESCALA	FECHA
LÁMINA	ESCALA	FECHA									
1	1:1	2020/11/12									
n. Prueba de jarras	<input checked="" type="checkbox"/> APROBADO	ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA									
o. Agua residual después de realizar la prueba de jarras.	<input type="checkbox"/> POR APROBAR	Elaborado por: Toapanta Taipe Dolores Sofía									
	<input type="checkbox"/> POR CALIFICAR										
	<input type="checkbox"/> POR VERIFICAR										

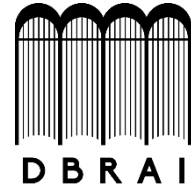
ANEXO K: RESULTADOS FINALES



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA Elaborado por: Toapanta Taipe Dolores Soña	“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA MORINGA OLEIFERA COMO FLOCULANTE PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES”							
p. Agua residual florícola con el floculante, volúmenes de 5,10,15 y 20 ml. q. Agua residual florícola con el floculante, volúmenes de 25 y 30 ml.	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR					<table border="1"> <tr> <th>LÁMINA</th> <th>ESCALA</th> <th>FECHA</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1:1</td> <td>2020/11/12</td> </tr> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	1
LÁMINA	ESCALA	FECHA								
1	1:1	2020/11/12								




ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS
PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 12 / 1 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Dolores Sofía Toapanta Taipe
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Química
Título a optar: Ingeniera Química
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. CPA. Jhonatan Rodrigo Parreño Uquillas. MBA.
 <p>12-1-2021 0458-DBRAI-UPT-2020</p>