



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

UNIDAD DE POSGRADO

MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

Proyecto de Investigación previo la
obtención del Grado Académico de
Magister en Gestión Ambiental

TEMA

**“COAGULANTES NATURALES Y SU EFICIENCIA EN EL TRATAMIENTO
DEL AGUA RESIDUAL DE LA EMPACADORA DE BANANO ESMERALDA
DEL CANTÓN MOCACHE, AÑO 2020”**

AUTOR

ING. JOSÉ JAVIER MENDOZA MOREIRA

TUTOR

ING. JUAN ALEJANDRO NEIRA MOSQUERA Ph.D

QUEVEDO – ECUADOR

2020



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Ph.D. Juan Alejandro Neira Mosquera**, docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante, **José Javier Mendoza Moreira** realizó el Proyecto de Investigación de pos grado titulado “**COAGULANTES NATURALES Y SU EFICIENCIA EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL DE LA EMPACADORA DE BANANO ESMERALDA DEL CANTÓN MOCACHE, AÑO 2020**”, previo a la obtención del título de Grado Académico de Magister en Gestión Ambiental, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.



Firmado electrónicamente por:

**JUAN
ALEJANDRO
NEIRA
MOSQUERA**

PhD. Juan Alejandro Neira Mosquera

DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **José Javier Mendoza Moreira**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

José Javier Mendoza Moreira

C.C. # 1204807596

DEDICATORIA

En primer lugar, quiero dedicar este trabajo a Dios, ser supremo, soberano, mi suficiencia y fuente de vida. De la misma manera a mi amada esposa,, junto con mi hijo, quienes hacen posible que sueñe con un mejor porvenir.

José Javier Mendoza Moreira

AGRADECIMIENTO

Doy las gracias a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, a la Unidad de posgrado, Maestría en Gestión ambiental y a cada uno de los docentes que impartieron cada una de sus cátedras, quienes aportaron con sus enseñanzas y buenos consejos, para que pudiera tener un mejor desarrollo en mi vida profesional. A mis padres, por su estímulo y abnegación, quienes han pensado, que solo mediante la fuerza de voluntad propia, se puede salir adelante. A todas aquellas personas, que creyeron en mí, para lograr esta meta, también a quienes no me favorecieron con algunos comentarios y sugerencias, acertadamente, ¡gracias!

José Javier Mendoza Moreira

RESUMEN

El estudio evalúa la eficiencia de dos coagulantes naturales (Moringa y Tamarindo) en el proceso de tratamiento del agua residual de la empacadora de banano Esmeralda del cantón Mocache. Para ello la investigación se dividió en tres fases: (i) diagnóstico del uso del agua de lavado en empacadoras de banano, (ii) valoración de la efectividad de Moringa (*Moringa oleífera*) y Tamarindo (*Tamarindus indica*) como coagulante natural, y (iii) determinación de la viabilidad técnica, económica y ambiental del uso de coagulantes naturales en el tratamiento del agua residual procedente de empacadoras de banano. Las muestras del agua residual fueron tomadas en la zona de descarga de la Empacadora Esmeraldas, mediante el uso de envases de 500 ml de capacidad. El procedimiento metodológico a aplicarse consistió en: (i) efectuar un diagnóstico situacional del uso del agua de lavado del banano, mediante la identificación de aspectos como: fuente del agua de lavado, formas de racionalización, consumo (m^3/s), almacenamiento, disposición final del agua; (ii) medición de la eficiencia de *Moringa oleífera* y *Tamarindus indica* como coagulantes naturales, para lo cual se realizaron dos análisis físico-químico del agua (pre-tratamiento y post-tratamiento), obtención de los extractos de los coagulantes, aplicación de las dosis y evaluación de la eficiencia; (iii) determinación de la viabilidad técnica, económica y ambiental del uso de coagulantes naturales en el tratamiento de agua residual. Como resultado de la investigación se obtuvo el nivel de eficiencia de *M. oleífera* y *T. indica* como coagulante natural y la viabilidad en el uso de dichos agentes para el tratamiento de aguas residuales en empacadoras de banano.

Palabras claves: agua residual, coagulante natural, empacadora de banano, moringa, tamarindo, tratamiento del agua.

ABSTRACT

The study evaluates the efficiency of two natural coagulants (Moringa and Tamarindo) in the wastewater treatment process of the Esmeralda banana packing plant in the Mocache canton. For this, the research was divided into three phases: (i) diagnosis of the use of washing water in banana packing plants, (ii) evaluation of the effectiveness of Moringa (*Moringa oleifera*) and Tamarind (*Tamarindus indica*) as natural coagulants, and (iii) determination of the technical, economic and environmental feasibility of the use of natural coagulants in the treatment of wastewater from banana packing plants. The residual water samples were taken in the discharge area of the Empacadora Esmeraldas, through the use of containers of 500 ml capacity. The methodological procedure to work consisted of: (i) carrying out a situational diagnosis of the use of banana washing water, by identifying aspects such as: washing water source, ways of rationalization, consumption (m^3 / s), storage, final disposal of water; (ii) measurement of the efficiency of *Moringa oleifera* and *Tamarindus indica* as natural coagulants, for which two physical-chemical analyzes of the water were carried out (pre-treatment and post-treatment), obtaining the extracts of the coagulants, application of the dosage and efficiency evaluation; (iii) determination of the technical, economic and environmental viability of the use of natural coagulants in wastewater treatment. As a result of the investigation, the efficiency level of *M. oleifera* and *T. indica* as natural coagulants and the viability in the use of said agents for the treatment of wastewater in banana packing plants were obtained.

Keywords: waste water, natural coagulant, banana packing, moringa, tamarind, water treatment.

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT.....	vii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I.MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.1. UBICACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA	2
1.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PROBLEMÁTICA	3
1.3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	4
1.3.1. PROBLEMA GENERAL	4
1.3.2. PROBLEMAS DERIVADOS.....	4
1.4. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.5. OBJETIVOS	5
1.5.1. GENERAL.....	5
1.5.2. ESPECÍFICOS	5
1.6. JUSTIFICACIÓN	6
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
2.1. FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL.....	8
2.1.1. AGUA	8
2.1.2. AGUA SUPERFICIAL.....	8
2.1.3. AGUA SUBTERRÁNEA	8
2.1.4. CALIDAD DEL AGUA	9
2.1.5. COAGULACIÓN	9
2.1.6. FLOCULACIÓN	9
2.1.7. OLOR Y SABOR.....	10
2.1.8. TURBIDEZ.....	10

2.1.9. MORINGA OLEÍFERA	11
2.1.10. TAMARINDUS INDICA	11
2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	11
2.2.1. PROCESO DE COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN.....	11
2.2.1.1. MEZCLADO RÁPIDO.....	12
2.2.1.2. MEZCLADO LENTO	12
2.2.1.3. SEDIMENTACIÓN.....	12
2.2.2. INVESTIGACIONES REFERENTES AL USO MORINGA OLEÍFERA Y TAMARINDUS INDICA	16
2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	17
2.3.1. CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR.	17
2.3.2. LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA.....	18
2.3.3. ACUERDO MINISTERIAL N° 097.....	21
2.3.3.1. PRINCIPIOS BÁSICOS	21
2.3.3.2. CRITERIOS DE CALIDAD PARA AGUAS DE CONSUMO HUMANO Y USO DOMÉSTICO	22
CAPÍTULO III.METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	24
3.1 LOCALIZACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO	25
3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN	26
3.2.1 DIAGNÓSTICA.....	26
3.2.2 DESCRIPTIVA.....	26
3.3 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	26
3.3.1 OBSERVACIÓN.....	26
3.3.2 INDUCTIVO-DEDUCTIVO	27
3.4 CONSTRUCCIÓN METODOLÓGICA DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN	27
3.4.1 POBLACIÓN Y MUESTRA	27
3.4.2 TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	27
3.4.3 INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN	28

3.5 ELABORACIÓN DEL MARCO TEÓRICO.....	28
3.6 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	28
3.6.1 DIAGNOSTICO SITUACIONAL DEL USO DEL AGUA DE LAVADO DEL BANANO.....	28
3.6.2 EFICIENCIA DE MORINGA OLEÍFERA Y TAMARINDUS INDICA COMO COAGULANTES NATURALES.	29
3.6.3 VIABILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL DEL USO DE COAGULANTES NATURALES.	29
3.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS	30
3.7.1 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA	30
3.7.2 ESTADÍSTICA INFERENCIAL.....	30
CAPÍTULO IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
4.1 RESULTADOS.....	32
4.1.1 DIAGNÓSTICO DEL USO DEL AGUA DE LAVADO DEL BANANO EN LA EMPACADORA ESMERALDA	32
4.1.2 EFECTIVIDAD DE MORINGA OLEÍFERA Y TAMARINDUS INDICA EN EL PROCESO CF.....	33
4.1.2.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL EFECTO DE TAMARINDUS INDICA EN EL PROCESO CF.....	36
4.1.2.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL EFECTO DE MORINGA OLEÍFERA INDICA EN EL PROCESO CF.....	46
4.1.2.5 REMOCIÓN DE TURBIDEZ AL APLICAR TAMARINDO INDICA EN EL PROCESO DE COAGULACIÓN- FLOCULACIÓN.....	57
4.1.2.6 REMOCIÓN DE TURBIDEZ AL APLICAR MORINGA OLEÍFERA INDICA EN EL PROCESO DE COAGULACIÓN- FLOCULACIÓN.....	57
4.1.3 VIABILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL DEL USO DE COAGULANTES.	58
4.2 DISCUSIÓN	59
CAPÍTULO V.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	64
5.1 CONCLUSIONES	65

5.2 RECOMENDACIONES	66
CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA	68
6.1 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
7.1 ANEXOS DE LA INVESTIGACIÓN	74
7.1.1 CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	74

.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación del agua según su comportamiento en la coagulación.....	13
Tabla 2. Criterios de calidad de fuentes de agua que para consumo humano y doméstico	23
Tabla 3. Condiciones agrometeorológicas del área de estudio	26
Tabla 4. Muestra poblacional estratificada	27
Tabla 5. Características del sitio de emplazamiento de la empacadora Esmeralda	32
Tabla 6 . Instalaciones e infraestructuras de la empacadora Esmeralda.....	33
Tabla 7. Diagnóstico del uso del agua de lavado de banano en la empacadora Esmeralda.....	33
Tabla 8. Análisis de la varianza para la variable turbidez	36
Tabla 9. Análisis de la varianza para la variable Conductividad eléctrica	37
Tabla 10.. Análisis de la varianza para la variable Oxígeno disuelto	38
Tabla 11. Análisis de la varianza para la variable pH	39
Tabla 12. Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos obtenidos al usar como materia prima el tamarindo (Factor A: Dosis de floculantes)...	40
Tabla 13. Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos obtenidos al usar como materia prima el tamarindo (Factor B: Tiempo de aplicación). 42	
Tabla 14. Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos obtenidos al usar como materia prima el tamarindo (Factor A: Dosis de floculantes)...	44
Tabla 15. Análisis de la varianza para la variable turbidez	46
Tabla 16. Análisis de la varianza para la variable Conductividad eléctrica	47
Tabla 17. Análisis de la varianza para la variable Oxígeno disuelto.....	48
Tabla 18. Análisis de la varianza para la variable pH.	48
Tabla 19. Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos obtenidos al usar como materia prima moringa (Factor A: Dosis de floculantes)	49
Tabla 20. Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos obtenidos al usar como materia prima moringa (Factor B: Tiempo de aplicación)	52
Tabla 21. Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos obtenidos al usar como materia prima moringa (Factor A: Dosis de floculantes).	54
Tabla 22. Costos de proceso floculantes /mes	58

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Coagulación y floculación de una suspensión coloidal</i>	<i>15</i>
<i>Figura 2. Mapa de ubicación de la Finca Esmeraldas</i>	<i>25</i>
<i>Figura 3. Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos (Factor A: Dosis de floculantes).....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 4. Prueba de significación de Tukey para resultados de analisis bromatológicos (Factor B: Tiempo de Aplicación).....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 5. Prueba de significación de Tukey para las variables que presentaron diferencia</i>	<i>44</i>
<i>Figura 6. Prueba de significación de Tukey para resultados de analisis bromatologicos obtenidos al usar como materia prima moringa (Factor A: Dosis de floculantes).....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 7. Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos (Factor B: Tiempo de aplicación)</i>	<i>52</i>
<i>Figura 8. Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos (Factor A: Dosis de floculantes).....</i>	<i>54</i>

INTRODUCCIÓN

Los coagulantes naturales son sustancias de origen animal y vegetal, principalmente almidones y polisacáridos –muchos de ellos son productos alimenticios con contenido de carbohidratos y proteínas– con alto poder de solubilidad en agua, que actúan como agentes aglomeradores de partículas en suspensión contenidas en el agua cruda (no tratada) y residual, facilitando que éstas se sedimenten y disminuyendo así la turbidez (Ramírez & Jaramillo, 2015). Se caracterizan por ser biodegradables y no tóxicos. El uso de estas sustancias como agentes purificadores de agua se originó en áreas rurales de India, África y China hace 4000 años, sitios en donde se destaca la utilización de semillas del nogal (*Strychnos potatorum*) para clarificar aguas turbias (Solís, Laines, & Hernández, 2012); hasta la fecha se conoce de su uso empírico como aclaradores de agua de consumo por parte de nativos (Guzmán, Villabona, Tejada, & García, 2013). Su uso se ha extendido hasta nuestros días debido a su efectividad en la reducción de turbidez en procesos de potabilización y tratamiento de agua residual (Solís et al, 2012).

Existe un grupo de compuestos orgánicos de origen vegetal que poseen propiedades aglomerantes, que pueden ser extraídos del tallo o semillas de una variedad de plantas como la moringa, maíz, yuca, tamarindo, frijol, entre otros (Villabona, Paz, & Martínez, 2013). Estos vegetales poseen polímeros polielectrolitos de origen biológico, y derivados del almidón, celulosa y alginatos, responsables de su poder coagulante; dependiendo del tipo de carga que ostenten (negativa, positiva, neutra), éstos pueden ser aniónicos, catiónicos y no iónicos, en orden. El accionar de los polielectrolitos como coadyuvantes de coagulación natural puede darse de tres formas distintas: (i) disminuyen la carga de las partículas, cuando éstas estén cargadas negativamente se usan polielectrolitos catiónicos

(considerados en este caso como coagulantes primarios); (ii) forman puentes entre partículas al momento que los polímeros aniónicos y no iónicos se aglutinan a un determinado número de puntos de adsorción de las partículas existentes en el efluente sedimentado; (iii) actúan como coagulantes-floculantes de puentes en las partículas debido a la acción de cationes de elevado peso molecular (Solís et al, 2012).

Estos coagulantes son mucho más económicos que los sintéticos (coagulantes químicos) y son amigables con el medio ambiente (biodegradables), y su disponibilidad es muy amplia debido a la abundancia de sus fuentes. En la mayoría de los casos se extraen de semillas, almidones y gomas (Carrasquero et al, 2017). Se estima que estos agentes naturales son capaces de remover la turbidez en un 99% en determinados casos; asimismo, se ha identificado que los coagulantes de origen vegetal disponen de una excelente capacidad como floculante de microorganismos en suspensión (*Bacillus cereus*, *Bacillus anthracis* y *Escherichia coli*), eliminación de metales pesados, y excelente remoción de turbiedad, color, materia orgánica y coloides (Contreras, Mendoza, Salcedo, Olivero, & Mendoza, 2015). Además, generan menor cantidad de lodo residual (20- 30%) en comparación con los coagulantes metálicos (alumbre) (Ramírez & Jaramillo, 2015), y no inciden en el pH y conductividad eléctrica del agua tratada (Fuentes, Molina, & Ariza, 2016).

Las semillas de *Moringa oleífera* como agente coagulante reportan importantes beneficios, entre ellos la remoción de niveles de turbidez y color superiores al 90%. Esta potencialidad la convierte en un coagulante altamente efectivo e inocuo para el medio ambiente y la salud humana. El fundamento científico de su efectividad gira en torno a su

capacidad de adsorción y neutralización de cargas, lo cual precipita las partículas presentes en el agua. Por tanto, se sugiere su uso en procesos convencionales (filtración directa) (Gómez & Salazar, 2016). La capacidad coagulante de esta semilla se la atribuye a la proteína catiónica dimérica de alto peso molecular, cuyos principales mecanismos de coagulación son la absorción y la neutralización de cargas (Villabona et al, 2013). Se ha reportado el uso de semillas de *M. oleífera* como agente clarificador de agua por parte de féminas rurales de Sudan para el tratamiento del agua de alta turbidez del río Nilo (Sandoval & Laines, 2013).

También se destaca la efectividad de las semillas de *Tamarindus indica* como coagulante natural en el tratamiento de aguas residuales, sobre todo en aquellas de procedencia industrial y muy turbias. El potencial del tamarindo en el tratamiento del agua radica en los ácidos glutámico y aspártico que contienen sus semillas, los cuales en conjunto le otorgan un alto poder coagulante. El empleo de este agente natural garantiza una alta biodegradabilidad de los lodos y demás sustancias naturales presentes en el efluente; además, disminuye significativamente los costos de adquisición y es inofensivo para el medio ambiente (Gurdián & Coto, 2011).

El uso de coagulantes naturales como agentes reductores de turbidez se ha convertido en una alternativa altamente viable para los procesos de potabilización de agua de consumo y tratamiento de aguas residuales en países de bajos ingresos como el nuestro. Es por ello que esta investigación busca evaluar la eficiencia de dos coagulantes naturales (*Moringa* y *Tamarindo*) en el proceso de tratamiento del agua residual de la empacadora de banano Esmeralda del cantón Mocache, para lo cual se procedió en primera instancia a la

elaboración de un diagnóstico del uso del agua de lavado en empacadoras de banano; luego se midió la efectividad de Moringa (*Moringa oleífera*) y Tamarindo (*Tamarindus indica*) como coagulante natural; y, por último se determinó la viabilidad técnica, económica y ambiental del uso de coagulantes naturales en el tratamiento del agua residual procedente de empacadoras de banano.

CAPÍTULO I.

MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

“El agua se ha convertido en un recurso muy preciado. Hay lugares en los que un barril de agua cuesta más que un barril de petróleo”

Lloyd Axworthy

1.1. UBICACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

El cantón Mocache se sitúa en la provincia de Los Ríos zona central de la región litoral del país a una altitud de 38 msnm con coordenadas UTM: 9869104(S) y 666281(O). Se encuentra bordeado por la vía Transversal Central (E30) y el Anillo Vial de Quevedo. Sus límites geográficos son: Quevedo (Norte); Ventanas y Vinces (Sur); Quevedo y Ventanas (Este); Palenque, El Empalme y Balzar (Oeste). Su población asciende a 41373 habitantes, dedicados en su gran mayoría a la actividad agrícola y pecuaria. El territorio presenta las siguientes condiciones climáticas: clima (b-hT), temperatura (25.8 °C), precipitación (2145 mm/año). El suelo del territorio se reportan 15 tipos de uso: arboricultura tropical, arroz, banano, bosque natural, ciclo corto, pasto cultivado, pasto natural, arboricultura tropical- pasto cultivado, ciclo corto-pasto cultivado, arroz-pasto natural, arboricultura tropical-pasto cultivado, pasto cultivado-arboricultura tropical, pasto cultivado-ciclo corto, pasto natural- vegetación arbustiva-cuerpos de agua natural.

El territorio del cantón es netamente agrícola, de ahí que la mayor parte del mismo se encuentra cubierto por cultivos agrícolas de ciclo corto y perennes; éstos últimos en mayor proporción. Tal es el caso del cultivo de banano, el mismo que se ha extendido de forma muy acelerada en la zona de Quevedo y la provincia de Los Ríos. En el proceso productivo del banano se emplean grandes volúmenes de agua, tanto para las actividades de riesgo (campo) como para la producción de la fruta (empacadoras). El agua utilizada en las empacadoras puede tomar dos rumbos: (i) ser sometida a una constante recirculación dentro del proceso, o (ii) utilizada una sola vez; en cualquiera de los dos casos, el agua residual generada contiene una alta carga de turbidez y color que debe ser reducida al mínimo legalmente aceptable previo a su vertido hasta cuerpos de agua superficial.

La producción de banano demanda de la utilización de grandes volúmenes de agua sobre todo en las áreas de empaque del producto (empacadoras), en donde es empleada para el lavado de fruta previo a su disposición en cajas para su traslado y comercialización. El agua utilizada procede de fuentes subterráneas (pozos profundos) y superficiales (acequias, humedales, ríos, esteros, etc.). Luego que ha sido utilizada en el proceso es direccionada mediante canales y/o zanjas hasta los cuerpos de agua superficial cercanos a los predios agrícolas sin tratamiento previo alguno.

1.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PROBLEMÁTICA

La calidad del agua es una de las preocupaciones más crecientes en las naciones en vías de desarrollo, en donde el recurso ha sido sometido a una presión constante por parte de las sociedades humanas tanto desde el punto de vista del desperdicio, así como en su contaminación, comprometiendo así seriamente su calidad y cantidad. En el caso de la calidad del agua, ésta ha sido deteriorada debido a la contaminación de las fuentes de agua superficial y subterránea con agentes físicos, químicos y microbiológicos, provenientes de diversas actividades productivas, entre ellas la agricultura y la industria, las mismas que se sitúan en el podio de las fuentes más contaminantes del recurso.

Hoy en día, la agricultura se ha constituido en una de las actividades productivas que mayormente contamina las fuentes de agua, esto debido a la constante utilización de productos químicos y por la impericia en la aplicación de ciertos procedimientos de producción. De ahí que la actividad productiva del banano es una de las más contaminantes dentro de este grupo, debido a su amplio grado de acción y por la peligrosidad de ciertos procesos. Este panorama demanda la utilización de métodos eficientes para el tratamiento del recurso, a fin de garantizar su inocuidad para las sociedades humanas y el ambiente.

En Mocache, la producción de banano se ha extendido aceleradamente, a tal punto que casi el 50% de las tierras rurales en esta zona son utilizadas por este cultivo. Desde la perspectiva socio-económica el cultivo de banano resulta beneficioso debido a que genera fuentes de empleo y es un elemento básico en la alimentación; no obstante, su desarrollo genera un fuerte impacto en la calidad del agua, ya sea a modo de desperdicio o contaminación. Dentro de este sector las labores de producción ejecutadas en las empacadoras, genera un alto impacto en la calidad y cantidad del recurso, produciendo así el menoscabo de las fuentes superficiales y subterráneas.

1.3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.3.1. Problema general

¿Cómo contribuye el uso de coagulantes naturales en el tratamiento del agua residual proveniente de la empacadora de banano Esmeralda?

1.3.2. Problemas derivados

- ¿Cuál es el uso que se da al agua en la empacadora de banano Esmeralda?
- ¿Cuál es el nivel de efectividad de *Moringa oleífera* y *Tamarindus indica* como coagulantes naturales?
- ¿Cuál es la viabilidad técnica, económica y ambiental para la producción y uso de coagulantes naturales en el tratamiento de agua residual?

1.4. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

- **Campo:** Ciencias ambientales
- **Área:** Calidad de agua
- **Aspecto:** Agua potable
- **Tiempo:** octubre – diciembre, 2019
- **Línea de investigación:** Evaluación de la efectividad de coagulantes naturales en el tratamiento del agua residual proveniente de empacadoras de banano.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. General

Evaluar la efectividad de coagulantes naturales en el proceso de tratamiento del agua residual en la empacadora de banano Esmeralda del cantón Mocache.

1.5.2. Específicos

- Diagnosticar el uso del agua de lavado en la empacadora de banano Esmeralda.
- Medir la efectividad de *Moringa oleífera* y *Tamarindus indica* en el proceso de coagulación- floculación.
- Determinar la viabilidad técnica, económica y ambiental del uso de coagulantes naturales en el tratamiento de agua residual en empacadoras de banano.

1.6. JUSTIFICACIÓN

En virtud de que el agua es un recurso esencial para la vida y el desarrollo de las sociedades humanas, conviene disponer de fuentes de agua segura e inocua. Para ello es necesario disponer de eficientes tratamientos de las aguas de descarga, ya que en el caso particular de nuestro país y el cantón Mocache, éstas son la principal causa que contribuye al incremento de los niveles de contaminación del recurso, sobre todo los efluentes de origen agrícola, en donde se concentran una amplia gama de agentes contaminantes, difícil de eliminar con métodos convencionales. De ahí la importancia de disponer de métodos de tratamiento de agua innovadores, económicos y amigables con el ambiente.

El justificativo científico de esta investigación se fundamenta en la utilización de *Moringa oleífera* y *Tamarindus indica* como agentes naturales de coagulación del agua residual en empacadoras de banano. Su desarrollo se centra en varios ejes, entre ellos: eje técnico, disminuir significativamente los niveles de turbidez y color del agua residual; eje económico, reducir al mínimo los costos de tratamiento; eje ambiental, disminuir la transferencia de características contaminantes del agua residual hacia las fuentes de agua superficial y subterráneas.

Los coagulantes naturales es una alternativa innovadora para el tratamiento de aguas crudas y residuales que aún no ha sido explotada.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

“La bebida más peligrosa es el agua, te mata si no la bebes”

Peric

2.1. FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL

2.1.1. Agua

El agua o químicamente dihidruro de oxígeno, es un líquido inodoro e insípido, de gran importancia para vida animal, vegetal y humana, caracterizada por disponer dos átomo de hidrogeno y uno de oxígeno. Asimismo, dispone de una elevada cabida para disolver diversas sustancias, por lo que se la cataloga como el ‘disolvente universal’; su punto de ebullición es 100 °C (American Water Works Association, 2012).

Cubre algo más del 71 % de la superficie terrestre. Situada mayoritariamente en los océanos y mares, con el 96,5 % de la proporción total de agua, los glaciares y polos albergan el 1,74 %, los acuíferos subterráneos, permafrost y glaciares continentales disponen del 1,72 %; y, el 0,04 % restante se distribuye en orden decreciente como sigue: lagos, humedad del suelo, atmósfera, embalses, ríos y seres vivos (Arnau, 2012).

2.1.2. Agua superficial

Es aquel cuerpo de agua que no pasa por el proceso de infiltración o de evaporización, es muy útil para las actividades diarias, e inclusive es el tipo de agua más accesible para un monitoreo de calidad, estas masas de agua sobre la superficie forman ríos, lagos, pantanos etc., se las puede encontrar de formas naturales y artificiales (Fernández, 2015).

2.1.3. Agua subterránea

Es el agua existente bajo la superficie del terreno. En concreto, es aquella situada bajo el nivel

freático y que está saturando completamente los poros y fisuras del terreno. El agua fluye a la superficie de forma natural a través de manantiales, áreas de rezume, cauces fluviales, o bien directamente al mar. Puede también dirigirse artificialmente a pozos, galerías y otros tipos de captaciones (López y otros, 2009).

2.1.4. Calidad del agua

La calidad del agua atañe a una variable de tipo hídrica, empleada por los diversos usos del agua. Su determinación obedece al empleo de criterios y estándares concretos que permiten saber los parámetros esenciales que deberá reunir dicho recurso un uso en particular.(Folgueras, 2011). Las características que regularmente se emplean para su determinación son de naturaleza física, química y biológica (BBVA, 2012).

2.1.5. Coagulación

Es un proceso de desestabilización química de las partículas coloidales que se producen al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados, por medio de la adición de los coagulantes químicos y la aplicación de la energía de mezclado. Es el tratamiento más eficaz pero también es el que representa un gasto elevado cuando no está bien realizado. Es igualmente el método universal porque elimina una gran cantidad de sustancias de diversas naturalezas y de peso de materia que son eliminados al menor costo, en comparación con otros métodos (Zerbatto, 2012).

2.1.6. Floculación

La floculación es el proceso que sigue a la coagulación, que consiste en la agitación de la

masa coagulada que sirve para permitir el crecimiento y aglomeración de los flóculos recién formados con la finalidad de aumentar el tamaño y peso necesarios para sedimentar con facilidad. Estos flóculos inicialmente pequeños, crean al juntarse aglomerados mayores que son capaces de sedimentar. Es favorecida por el mezclado lento que permite juntar lentamente los flóculos; mientras que un mezclado intenso los rompe (Zerbatto, 2012).

2.1.7. Olor y sabor

El olor y sabor del agua es un parámetro físico, generado por múltiples sustancias volátiles y materia orgánica en estado de descomposición. Para establecer una medición de los mismos es necesaria una disolución que hace que estas partículas se reduzcan a un tamaño que sea apenas detectable por la vista humana (Lozano, 2013).

2.1.8. Turbidez

Este parámetro atañe a la dificultad del cuerpo de agua para proyectar y/o transmitir la luz, esto se debe a la obstrucción por presencia de materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos. Estos elementos son difíciles de decantar y filtrar, con lo cual se da paso a la formación de depósitos en las conducciones de agua, y equipos de proceso, etc. Generalmente, se produce por partículas en suspensión o coloides (arcilla, limo, sílice, materia orgánica, etc.). Se mide en unidades nefelométricas de turbidez (NTU, por sus siglas en inglés) (Domínguez, Martín, Chao, Delgado, & Rodríguez, 2012).

2.1.9. Moringa oleífera

Es un árbol originario del sur del Himalaya, el nordeste de la India, Bangladesh, Afganistán y Pakistán. Se encuentra diseminado en una gran parte del planeta y en América Central. Es un árbol perenne pero poco longevo, que a lo sumo puede vivir 20 años, aunque se han obtenido variedades en la India que son anuales. Es una especie de muy rápido crecimiento. Aporta una elevada cantidad de nutrientes al suelo, además de protegerlo de factores externos como la erosión, la desecación y las altas temperaturas. En su hábitat natural crece hasta los 1400 m de altitud, a lo largo de los ríos más grandes en suelos aluvionales arenosos o guijosos (Pérez, Sánchez, Armengol, & Reyes, 2010).

2.1.10. Tamarindus indica

Tamarindus indica L. es un árbol de gran tamaño, larga vida y usualmente siempreverde, nativo a los trópicos del Viejo Mundo. Conocido comúnmente como tamarindo, este árbol se ha plantado y naturalizado extensamente en las regiones tropicales y subtropicales, incluyendo la región del Caribe, la América Central y el norte de la América del Sur. Los individuos maduros, los cuales crecen por lo común hasta una altura de 25 m, con diámetros del tronco de hasta 150 cm, se caracterizan por una copa redondeada, esparcida y densa, con ramas bajas, hojas parapinadas y una corteza gruesa, gris y con fisuras profundas. En el trópico americano, el tamarindo se cultiva más que nada por su fruto, como una fuente de combustible y como una ornamental (Viveros y otros, 2012).

2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.2.1. Proceso de coagulación-floculación

El proceso de coagulación reduce la carga negativa, contribuyendo a la agregación de partículas para formar microfloculos. La floculación consiste en la agregación de partículas para formar floculos más grandes. La sedimentación comprende la precipitación de sólidos, incluyendo los sólidos debidos a la contaminación y los sólidos generados por los químicos. La floculación depende de la temperatura y el pH del agua. El proceso de CF involucra los siguientes pasos (Ramírez & Jaramillo, 2015):

2.2.1.1. Mezclado rápido

También llamado mezclado flash, en el cual las ayudas de coagulación y floculación y las sustancias de ajuste de pH son añadidas a la muestra de agua, y se efectúa mezclado rápido. El objetivo es dispersar los químicos en el agua, reducir las fuerzas repulsivas entre las partículas, es decir permitir la coagulación.

2.2.1.2. Mezclado lento

El mezclado se efectúa a velocidad moderada. El objetivo es mantener los componentes de agua mezclados y promover la formación de floculos largos, es decir floculación.

2.2.1.3. Sedimentación

El mezclado es suspendido, para promover la precipitación del floc. Existen dos clases de materiales usados en el proceso de coagulación-floculación:

1. Coagulantes inorgánicos y orgánicos que incluyen aditivos minerales como sales de calcio; sales metálicas como cloruro férrico o sulfato de

aluminio; metales pre- hidrolizados como policloruro de aluminio y polielectrolitos o coagulantes per se.

2. Floculantes orgánicos que incluyen polielectrolitos catiónicos y aniónicos, polímeros no iónicos, polímeros anfotéricos e hidrofóbicamente modificados y floculantes naturales como almidón, goma guar, taninos, alginatos entre otros.

Tabla 1. Clasificación del agua según su comportamiento en la coagulación

Tipo de Agua	Tipo de Coagulación	Requerimiento
1. Baja concentración de coloides, baja alcalinidad	Formación de precipitado. Floc de barrido	Alta dosis de coagulantes. Adición de alcalinidad o partículas o ambas
2. Baja concentración de coloides, alta alcalinidad	Formación de precipitado. Floc de barrido	Alta dosis de coagulantes. Adición de partículas
3. Alta concentración de coloides, baja alcalinidad	Adsorción de polímeros metálicos positivos, en la superficie de los coloides. (pH4 a 7)	Dosis de coagulantes incrementa con concentración de partículas, adición de alcalinidad
4. Alta concentración de coloides, alta alcalinidad.	Adsorción de polímeros metálicos positivos y precipitaciones de hidróxidos (pH>7)	Dosis de coagulante incrementa con concentración de partículas

Fuente: Ramírez & Jaramillo (2015).

Los principales coagulantes utilizados para desestabilizar las partículas y producir el floc son: a) Sulfato de Aluminio. b) Aluminato de Sodio. c) Cloruro de Aluminio. d) Cloruro Férrico. e) Sulfato Férrico. f) Sulfato Ferroso. g) Polielectrolitos (Como ayudantes de floculación) (Solís et al, 2012). Siendo los más utilizados las sales de Aluminio y de Hierro; cuando se adiciona estas sales al agua se producen una serie de reacciones muy complejas donde los productos de hidrólisis son más eficaces que los iones mismos; estas sales reaccionan con la alcalinidad del agua y producen los

hidróxidos de aluminio o hierro que son insolubles y forman los precipitados (Guzmán et al, 2013).

Los polímeros orgánicos de origen natural se han utilizado por más de 4000 años en India, en África y en China como coagulantes eficientes y como ayudantes de coagulación de aguas con alta turbidez, para uso doméstico en áreas rurales (Patil & Hugar, 2015).

Como alternativa a estos agentes químicos, al inicio de los años setenta en varios países latinoamericanos se propuso utilizar coagulantes naturales extraídos de especies vegetales o animales locales para disminuir en parte o en su totalidad el consumo de coagulantes sintéticos. Esta iniciativa no tuvo un auge significativo debido a la producción y comercialización de polímeros sintéticos con mayor efectividad. No obstante, son muy diversas las fuentes naturales estudiadas en todo el mundo, con la intención ser utilizadas como coagulantes, para la clarificación del agua (Asrafuzzaman, Fakhruddin, & Alamgir, 2011).

El creciente desarrollo y uso de coagulantes naturales, extraídos a partir de microorganismos, tejidos de plantas o animales; son biodegradables y seguros para la salud humana, producen menos volumen de lodos, generando cantidades que van entre el 20-30 %, mucho menores a las generadas por el empleo de agentes coagulantes metálicos, como el alumbre (Solís et al, 2012).

Los agentes naturales son sustancias solubles en agua, procedentes de materiales de origen vegetal o animal que actúan de modo similar a los coagulantes y desinfectantes

sintéticos, aglomerando las partículas en suspensión que contiene el agua cruda, facilitando su sedimentación y reduciendo la turbidez inicial de esta. Algunos coagulantes poseen además propiedades antimicrobianas, por lo que reducen o eliminan el contenido de microorganismos patógenos susceptibles de producir enfermedades (Ramírez & Jaramillo, 2014).

Los agentes coagulantes y floculantes naturales, principalmente polisacáridos, son considerados ambientalmente amigables en comparación con los agentes orgánicos e inorgánicos debido a su biodegradabilidad (Fuentes et al, 2016).

Son coagulantes alternativos que pueden tener rendimientos iguales o incluso superiores a los de origen sintético, además tienen un valor agregado relacionado con las características de biodegradabilidad que lo convierten en una alternativa viable desde el punto de vista ambiental. Algunos de los coagulantes de origen natural son almidones y polisacáridos naturales, tales como la celulosa, y el quitosano (Ramírez & Jaramillo, 2015).

Figura 1. Coagulación y floculación de una suspensión coloidal



Fuente: Ramírez & Jaramillo (2015).

2.2.2. Investigaciones referentes al uso Moringa Oleífera y Tamarindus indica

Sandoval & Laines (2013) compararon la eficiencia de coagulación entre tres tipos de soluciones obtenidas de las semillas de Moringa Oleífera y el sulfato de aluminio mediante prueba de jarras. Se parte de la dosis óptima del sulfato de aluminio, como parámetro de comparación para determinar la eficiencia de remoción de los coagulantes naturales así como la influencia de los mismos en las propiedades del agua tratada. La muestra de agua fue tomada del río Samaria que alimenta la planta de tratamiento el Manguito, ubicada en Nacajuca, Tabasco, México. El tratamiento del agua con sulfato de aluminio proporcionó los valores más altos de remoción de turbiedad (95.60%) y color (98.32%), seguida del tratamiento de la solución de Moringa en cloruro de sodio. Por otro lado, los tratamientos con Moringa Oleífera no cambiaron las propiedades químicas del agua tratada. Considerando las soluciones de Moringa, la eficiencia de eliminación de turbidez fue mayor cuando se utilizaron soluciones con cloruro de sodio (92.03%) y agua de mar (90.72%) que cuando se usó agua destilada como disolvente (56.02%), debido a que la presencia de iones promueve una mayor separación de proteínas solubles, responsables de la coagulación.

Hernández y otros (2013) evaluaron la efectividad de las semillas de tamarindo (*Tamarindus indica*) en aguas con alta turbidez. Los ensayos se realizaron a escala de laboratorio, utilizando agua proveniente del grifo como agua de dilución para la preparación de las muestras con valores de turbidez de 100, 200, 300 y 350 UNT, se emplearon varias dosis de *Tamarindus indica* de 61,83; 74,19; 86,56; 98,93 y 111,3 ppm, resultando como dosis óptima 61,83 ppm (100 y 200 UNT), 86,56 ppm (300

UNT) y 74,19 ppm (350 UNT). Los resultados mostraron la eficiencia del coagulante, obteniéndose porcentajes de remoción para la turbidez después del tratamiento entre 72,45% y 89,09% para las dosis óptimas, antes del filtrar; y entre 98,78% y 99,71%, después del proceso de filtración. El color se ubicó antes de filtrar entre 120 y 266 UC y después de filtrar entre 30 y 40 UC. El pH y la alcalinidad presentaron pocas variaciones. Se confirma la viabilidad en el uso de *Tamarindus indica* como coagulante en la potabilización de las aguas en sustitución de los productos químicos como el sulfato de aluminio.

2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL

2.3.1. Constitución del Ecuador.

El título dos: Derechos, capítulo segundo: Derechos del Buen Vivir, sección primera: Agua y alimentación, en su artículo 12 se establece el derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

En el título siete: Régimen del Buen vivir, capítulo segundo: Biodiversidad y Recursos Naturales, sección sexta: Agua, en su artículo 411 se fija al Estado como el ente que garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. Asimismo, el artículo 412 establece que la autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con

la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico.

2.3.2. Ley orgánica de Recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua

El título uno: Disposiciones preliminares, capítulo uno: Principios, en su artículo 4: Principios de la Ley, establece los siguientes principios: a) La integración de todas las aguas, sean estas, superficiales, subterráneas o atmosféricas, en el ciclo hidrológico con los ecosistemas; b) El agua, como recurso natural debe ser conservada y protegida mediante una gestión sostenible y sustentable, que garantice su permanencia y calidad; c) El agua, como bien de dominio público, es inalienable, imprescriptible e inembargable; d) El agua es patrimonio nacional y estratégico al servicio de las necesidades de las y los ciudadanos y elemento esencial para la soberanía alimentaria; en consecuencia, está prohibido cualquier tipo de propiedad privada sobre el agua; e) El acceso al agua es un derecho humano; f) El Estado garantiza el acceso equitativo al agua; g) El Estado garantiza la gestión integral, integrada y participativa del agua; y, h) La gestión del agua es pública o comunitaria.

En el artículo 10: Dominio Hídrico Público. El dominio hídrico público está constituido por los siguientes elementos naturales: a) Los ríos, lagos, lagunas, humedales, nevados, glaciares y caídas naturales; b) El agua subterránea; c) Los acuíferos a los efectos de protección y disposición de los recursos hídricos; d) Las fuentes de agua, entendiéndose por tales las nacientes de los ríos y de sus afluentes, manantial o naciente natural en el que brota a la superficie el agua subterránea o aquella que se recoge en su inicio de la escorrentía; e) Los álveos o cauces naturales de una corriente continua o discontinua que son los terrenos cubiertos por las aguas en las

máximas crecidas ordinarias; f) Los lechos y subsuelos de los ríos, lagos, lagunas y embalses superficiales en cauces naturales; g) Las riberas que son las fajas naturales de los cauces situadas por encima del nivel de aguas bajas; h) La conformación geomorfológica de las cuencas hidrográficas, y de sus desembocaduras; i) Los humedales marinos costeros y aguas costeras; y, j) Las aguas procedentes de la desalinización de agua de mar.

El título tres: Derechos, Garantías y Obligaciones, capítulo uno: Derecho humano al agua, y el artículo 58: Exigibilidad del Derecho Humano al Agua, tipifica que las personas, comunidades, pueblos, nacionalidades, colectivos y comunas podrán exigir a las autoridades correspondientes el cumplimiento y observancia del derecho humano al agua, las mismas que atenderán de manera prioritaria y progresiva sus pedidos. Las autoridades que incumplan con el ejercicio de este derecho estarán sujetas a sanción de acuerdo con la ley.

En el artículo 59: Cantidad vital y tarifa mínima, se fija que la Autoridad Única del Agua establecerá de conformidad con las normas y directrices nacionales e internacionales, la cantidad vital de agua por persona, para satisfacer sus necesidades básicas y de uso doméstico, cuyo acceso configura el contenido esencial del derecho humano al agua.

El artículo 60: Libre acceso y uso del agua, determina que el derecho humano al agua implica el libre acceso y uso del agua superficial o subterránea para consumo humano, siempre que no se desvíen de su cauce ni se descarguen vertidos ni se produzca alteración en su calidad o disminución significativa en su cantidad ni se afecte a

derechos de terceros y de conformidad con los límites y parámetros que establezcan la Autoridad Ambiental Nacional y la Autoridad Única del Agua. La Autoridad Única del Agua mantendrá un registro del uso para consumo humano del agua subterránea.

En el capítulo cinco: Derechos colectivos de comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades, en su artículo 71: Derechos colectivos sobre el agua, se establece que las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades indígenas, pueblo afro ecuatoriano y montubio desde su propia cosmovisión, gozan de los siguientes derechos colectivos sobre el agua: a) Conservar y proteger el agua que fluye por sus tierras y territorios en los que habitan y desarrollan su vida colectiva; b) Participar en el uso, usufructo y gestión comunitaria del agua que fluye por sus tierras y territorios y sea necesaria para el desarrollo de su vida colectiva; c) Conservar y proteger sus prácticas de manejo y gestión del agua en relación directa con el derecho a la salud y a la alimentación; d) Mantener y fortalecer su relación espiritual con el agua; e) Salvaguardar y difundir sus conocimientos colectivos, ciencias, tecnologías y saberes ancestrales sobre el agua; f) Ser consultados de forma obligatoria previa, libre, informada y en el plazo razonable, acerca de toda decisión normativa o autorización estatal relevante que pueda afectar a la gestión del agua que discurre por sus tierras y territorios; g) Participar en la formulación de los estudios de impacto ambiental sobre actividades que afecten los usos y formas ancestrales de manejo del agua en sus tierras y territorios; h) Tener acceso a información hídrica veraz, completa y en un plazo razonable; e, i) Participación en el control social de toda actividad pública o privada susceptible de generar impacto o afecciones sobre los usos y formas ancestrales de gestión del agua en sus propiedades y territorios.

El capítulo cuatro: Régimen económico, sección segunda: Tarifas por el Uso, en su artículo 140: Tarifa por suministro de agua cruda para consumo humano y doméstico, se fija que la entrega de la cantidad mínima vital de agua cruda establecida por la Autoridad Única del Agua para la provisión de servicios de agua potable no estará sujeta a tarifa alguna. Cuando el volumen que se entregue a los prestadores del servicio exceda de la cantidad mínima vital determinada, se aplicará la tarifa que corresponda, conforme con lo estipulado en esta Ley y su Reglamento. Además, el artículo 141: Tarifa por autorización de uso de agua para riego que garantice la soberanía alimentaria, establece los criterios para fijación de la tarifa hídrica volumétrica del agua para riego que garantice la soberanía alimentaria, son los siguientes: a) Volumen utilizado; b) Cantidad de tierra cultivada y tipo de suelo; y, c) Contribución a la conservación del recurso hídrico.

2.3.3. Acuerdo ministerial N° 097

La norma tiene como objeto la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en lo relativo al recurso agua y proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar los usos asignados, la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general.

2.3.3.1. Principios básicos

El proceso de control de la contaminación del recurso hídrico se basa en el mantenimiento de la calidad del mismo para la preservación de los usos asignados a través del cumplimiento de la respectiva norma de calidad, según principios que se

indican en el presente documento.

Las municipalidades dentro de su límite de actuación y a través de las Entidades Prestadoras de Servicios de agua potable y saneamiento (EPS) de carácter público o delegadas actualmente al sector privado, serán las responsables de prevenir, controlar o solucionar los problemas de contaminación que resultaren de los procesos involucrados en la prestación del servicio de agua potable y alcantarillado, para lo cual deberán realizar los respectivos planes maestros o programa de control de la contaminación

2.3.3.2. Criterios de calidad para aguas de consumo humano y uso doméstico

Se entiende por agua para consumo humano y uso doméstico aquella que es obtenida de cuerpos de agua, superficiales o subterráneos, y que luego de ser tratada será empleada por individuos o comunidades en actividades como:

- a) Bebida y preparación de alimentos para consumo humano,
- b) Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios.

Esta Norma aplica a la selección de aguas captadas para consumo humano y uso doméstico, para lo cual se deberán cumplir con los criterios indicados en la tabla 2.

De ser necesario para alcanzar los límites establecidos en la Norma INEN 1107 para agua potable se puede emplear tratamiento no convencional.

Tabla 2. Criterios de calidad de fuentes de agua que para consumo humano y doméstico

Parámetro	Expresado como	Unidad	Criterio de calidad
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Aluminio Total	Al	mg/l	0,2
Amonio	NH ⁺ 4	mg/l	0,5
Arsénico	As	mg/l	0,1
Coliforme Fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Bario	Ba	mg/l	1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro	CN ⁻	mg/l	0,1
Cobre	Cu	mg/l	2
Color	Color Real	Unidades de Platino Cobalto	75
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,05
Fluoruro	F ⁻	mg/l	1,5
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	<4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	<2
Hierro total	Fe	mg/l	1
Mercurio	Hg	mg/l	0,006
Nitratos	NO ₃	mg/l	50
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,2
Potencial Hidrógeno	PH	Unidades de pH	6-9
Plomo	Pb	mg/l	0,01
Selenio	Se	mg/l	0,01
Sulfatos	SO ²⁻ 4	mg/l	500
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,2
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de Turbiedad	UNT	100

Fuente: Acuerdo Ministerial Nro. 097

CAPÍTULO III.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

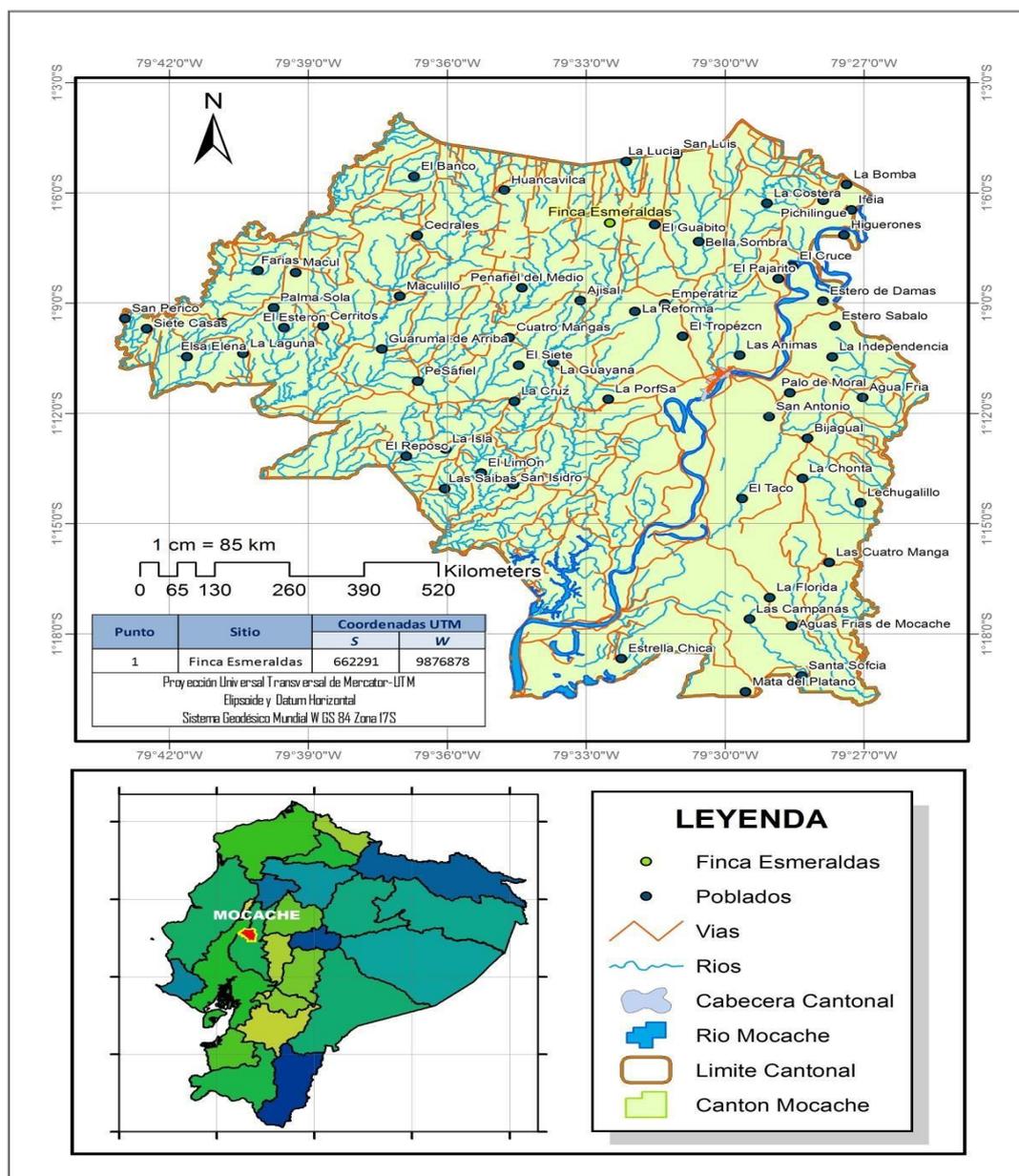
“El agua es la
fuerza motriz de
toda la naturaleza”

Leonardo Da Vinci

3.1 LOCALIZACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO

La investigación se desarrolló en la “Finca Esmeraldas” perteneciente al cantón Mocache, localizada en el km 11 de la vía Quevedo-El Empalme con coordenadas: 01° 06' 48.8" S, 79° 32' 29.2" W (Figura 2).

Figura 2. Mapa de ubicación de la Finca Esmeraldas



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Condiciones agrometeorológicas del área de estudio

Parámetro	Valor promedio
Temperatura (°C)	24,87
Humedad relativa (%)	84,08
Precipitación (mm/año)	1398,9
Heliofanía (horas/luz/año ¹)	869,4
Evaporación	91,58
Zona ecológica	Bh-T
Topografía	Irregular

Fuente: Departamento de Agrometeorología del INIAP-EETP, INAMHI (2014).

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.2.1 Diagnóstica

Se usará en la ejecución de un diagnóstico situacional acerca del uso del agua de lavado empleada en la empacadora de banano Esmeralda del cantón Quevedo. Para ello se usarán indicadores como: tipo de procedencia (fuente), formas de racionalización (ahorro), existencia de fugas, tratamiento aplicado, consumo por unidad de producción (m^3/s), dosificación de productos químicos, almacenamiento, disposición final, entre otros.

3.2.2 Descriptiva

Se utilizará al momento de valorar la eficiencia de *Moringa oleífera* y *Tamarindus indica* como coagulantes naturales en el tratamiento del agua residual procedente de la empacadora de banano; asimismo, será empleada en la determinación de la viabilidad del uso de dichos coagulantes en el tratamiento de efluentes residuales, y para ello se recurrirá a la consideración de criterios técnicos, económicos y ambientales.

3.3 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

3.3.1 Observación

Dará paso a la identificación del aprovechamiento del agua de lavado en la empacadora de banano, a través del análisis de diversos indicadores.

3.3.2 Inductivo-deductivo

Permitirán explicar el poder coagulante de Moringa oleífera y Tamarindus indica en el tratamiento del agua residual procedente de la empacadora de banano.

3.4 CONSTRUCCIÓN METODOLÓGICA DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN

3.4.1 Población y muestra

3.4.1.1 Población

Está integrada por el personal técnico, de producción y administrativo de la empacadora de banano Esmeralda del cantón Quevedo.

3.4.1.2 Muestra

Tabla 4. Muestra poblacional estratificada

Numero de muestras	Sitio	Cantidad
6	Zona de descarga	500 ml

Fuente: Elaboración propia

3.4.2 Técnicas de investigación

3.4.2.1 Observación directa

Se utilizó durante las visitas y recorridos a las instalaciones de la empacadora; de este modo se recabó la información pertinente respecto al problema de investigación.

3.4.2.2 Análisis Factorial

Se empleo para establecer una explicación estadística a las correlaciones entre las variables medidas (coagulantes naturales).

3.4.2.3 Monitoreo

Se lo utilizó durante la aplicación de los coagulantes al agua residual y durante el análisis de las respuestas (eficiencia) a cada tratamiento.

3.4.3 Instrumento de investigación

3.4.3.1 Ficha de observación

Este instrumento se lo utiliza para el levantamiento de información de campo relativa al uso del agua de lavado en la empacadora de banano.

3.4.3.2 Matriz de cumplimiento legal

Esta matriz permitirá evidenciar el nivel de cumplimiento legal de la empacadora con respecto al uso y tratamiento del agua de lavado del banano.

3.5 ELABORACIÓN DEL MARCO TEÓRICO

Para la elaboración del marco conceptual, teórico y legal se recurrió a la revisión de diversas fuentes bibliográficas, tales como: artículos científicos, paper's, tesis de tercer y cuarto nivel y normativa legal. Para la construcción de cada uno de los marcos se procedió en el siguiente orden: (i) estructuración de las temáticas y apartados a indagar; (ii) búsqueda de la información; (iii) sintetización, análisis y parafraseo de la información consultada; y, (iv) registro de la fuente bibliográfica referida.

3.6 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

3.6.1 Diagnóstico situacional del uso del agua de lavado del banano.

Consiste en recabar información cualitativa y cuantitativa referente al aprovechamiento y tratamiento que se otorga al agua de lavado del banano. Los datos considerados en el diagnóstico son: procedencia del agua de lavado (fuente), formas de racionalización (ahorro), existencia de fugas o averías en el sistema de distribución, tratamiento aplicado,

consumo por unidad de producción (m³/s), dosificación de productos químicos, almacenamiento, disposición final del agua residual, entre otros.

3.6.2 Eficiencia de *Moringa oleífera* y *Tamarindus indica* como coagulantes naturales.

Para evaluar la eficiencia de la Moringa y Tamarindo como agentes de coagulación natural se procedió de la siguiente manera:

Análisis físico-químico del agua residual procedente del lavado de banano. Los parámetros a evaluar son: turbidez, pH, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica. Este análisis tendrá dos variantes: pre-tratamiento y post-tratamiento.

Obtención de los extractos de *Moringa oleífera* y *Tamarindus indica* a ser empleados como coagulante natural: (a) selección, pelado y secado de las semillas, (b) preparación de la solución del polvo de las semillas con agua limpia y agua destilada, (c) licuación de la solución, (d) percolación de la mezcla.

1. Realización de las pruebas mediante aplicación de los coagulantes a las muestras de agua residual.
2. Evaluación de la eficiencia de los coagulantes naturales a través de la diferencia de parámetros antes y después de aplicado los tratamientos. Para ello se emplean técnicas de análisis estadístico en el software Statgraphics.

3.6.3 Viabilidad técnica, económica y ambiental del uso de coagulantes naturales.

Para determinar la viabilidad del uso de coagulantes naturales a base de Moringa y Tamarindo se emplean los siguientes criterios:

Técnico: sitios y formas idóneas de aplicación del coagulante, calidad del agua tratada,

cumplimiento del estándar legal, rendimiento del coagulante (g/m³), formas y sitios de descarga final del agua tratada.

1. Económico: costos de adquisición de *Moringa oleífera* y *Tamarindus indica*, materiales e insumos empleados en la elaboración del coagulante
2. Ambiental: reducción de impactos ambientales e inocuidad del coagulante.

3.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

3.7.1 Estadística descriptiva

Se emplea en la representación, análisis e interpretación de los datos cuantitativos derivados del análisis de laboratorio y las mediciones en campo. Para ello se utiliza la hoja de cálculo Excel y el procesador de texto Word, ambos de Microsoft Office.

3.7.2 Estadística inferencial

Permitirá determinar la variabilidad estadística de los datos con respecto a la remoción de los contaminantes físico-químicos en el agua residual. Para esto se hará uso de software estadístico.

CAPÍTULO IV.

RESULTADOS y DISCUSIÓN

“El agua y la tierra, los dos fluidos esenciales de los que depende la vida, se han convertido en latas globales de basura”

Jacques-Yves Cousteau

4.1 RESULTADOS

4.1.1 Diagnóstico del uso del agua de lavado del banano en la empacadora

Esmeralda

4.1.1.1 Sitio de emplazamiento de la empacadora

Los aspectos básicos para la caracterización del sitio de emplazamiento de la empacadora Esmeralda fueron: ubicación geográfica, accesibilidad (vías de acceso) y características físicas del territorio (agua, aire, suelo, vegetación) (Tabla 5).

Tabla 5. Características del sitio de emplazamiento de la empacadora Esmeralda

Aspectos	Descripción
<i>Ubicación</i>	<ul style="list-style-type: none">La empacadora de banano Esmeralda se encuentra localizada en una zona rural del norte del cantón Mocache con coordenadas 01° 06' 48.8" S y 79 ° 32' 29.2"W.
<i>Accesibilidad</i>	<ul style="list-style-type: none">Acceso uno: Transversal Central (E30).Acceso dos: Vía Mocache – Jauneche.
<i>Medio físico</i>	<ul style="list-style-type: none">Clima: Megatérmico lluvioso.Precipitación: 2000-2500 mm/año (diciembre-mayo).Temperatura: 24-26 °C; periodo caluroso (diciembre-mayo); periodo fresco (junio-noviembre).Hidrografía: Estero Las Saibas y Peñafiel.Geología: periodo cuaternario, formación Pichilingue, litología (terrazas y sedimentos fluviales).Geomorfología: terraza indiferenciada y llanuras aluviales de depositación.Pendiente: 0-12 %.Taxonomía del suelo: Entisol, Mollisol+Inceptisol.Uso del suelo: 50% cultivos de ciclo corto con 50% de pasto cultivado.Agrología: suelos aptos para cultivos intensivos, con facilidades para las labores de mecanización y

4.1.1.2 Instalaciones de la empacadora

Las instalaciones e infraestructuras de la empacadora Esmeralda están integradas por cuatro áreas principales que son: zona de recepción de racimos, tinas de lavado, área de empaque y zona de carga y/o almacenamiento temporal (Tabla 6).

Tabla 6 . Instalaciones e infraestructuras de la empacadora Esmeralda

Aspectos	Descripción
<i>Instalaciones</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Zona de recepción: inspección de calidad del racimo, lavado del racimo y desmane. • Tinajas de lavado: gajeo o clúster, lavado y desleche. • Área de empaque: fumigación y tratamiento, etiquetado, pesaje y empaclado. • Área de carga y/o almacenamiento temporal.

4.1.1.3 *Proceso de lavado de banano*

Los clúster son transportados por un flujo de agua continuo, desde un borde de la tina hasta el otro, donde están los seleccionadores y clasificadores de fruta. En la tina se coloca un removedor de látex el cual actúa durante todo el tiempo que la fruta recorre la tina.

Tabla 7.

Tabla 7. Criterios sobre el agua de lavado utilizada en el proceso

Aspectos	Descripción
<i>Tipo de fuente</i>	<ul style="list-style-type: none"> • El agua utilizada para el lavado del banano procede de una fuente subterránea (pozo profundo), situada a 60 metros de profundidad por debajo del nivel del suelo.
<i>Captación y extracción</i>	<ul style="list-style-type: none"> • La zona de captación del agua consta de una caseta de seguridad en la que se encuentra dispuestos un motor, una bomba de succión y un tanque de combustible, mismos que son empleados para la captación del recurso y su posterior redireccionamiento hacia la empacadora mediante tuberías.
Volumen del caudal	<ul style="list-style-type: none"> • 136 m³/d aprox.

4.1.2 **Efectividad de *Moringa oleífera* y *Tamarindus indica* en el proceso CF.**

La obtención de los extractos de semilla para obtener “solución madre” se realizaron bajo el procedimiento:

Moringa Oleífera:

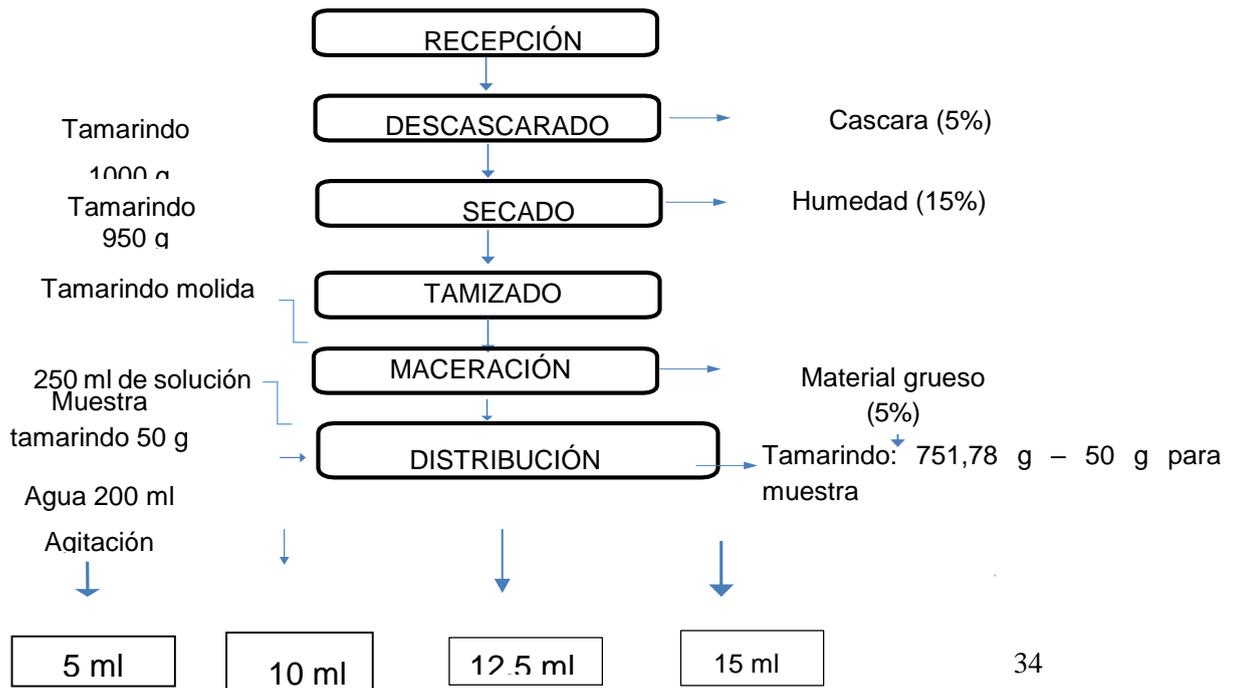
- a) Las vainas obtenidas se pusieron a secar al sol durante 48 horas con el fin de

- b) que así se ablande más la cascara, luego de esto se extrae las semillas.
- c) Se procedió a moler en un molino manual las semillas para luego disolver en un vaso de precipitado 10 g del polvo obtenido en 500 ml de agua limpia. Se agita enérgicamente en un plato agitador por 10 minutos, luego se deja reposar una hora. Se filtra la solución, se mantiene en refrigeración. Antes de aplicar coagulante se mantiene a temperatura ambiente.

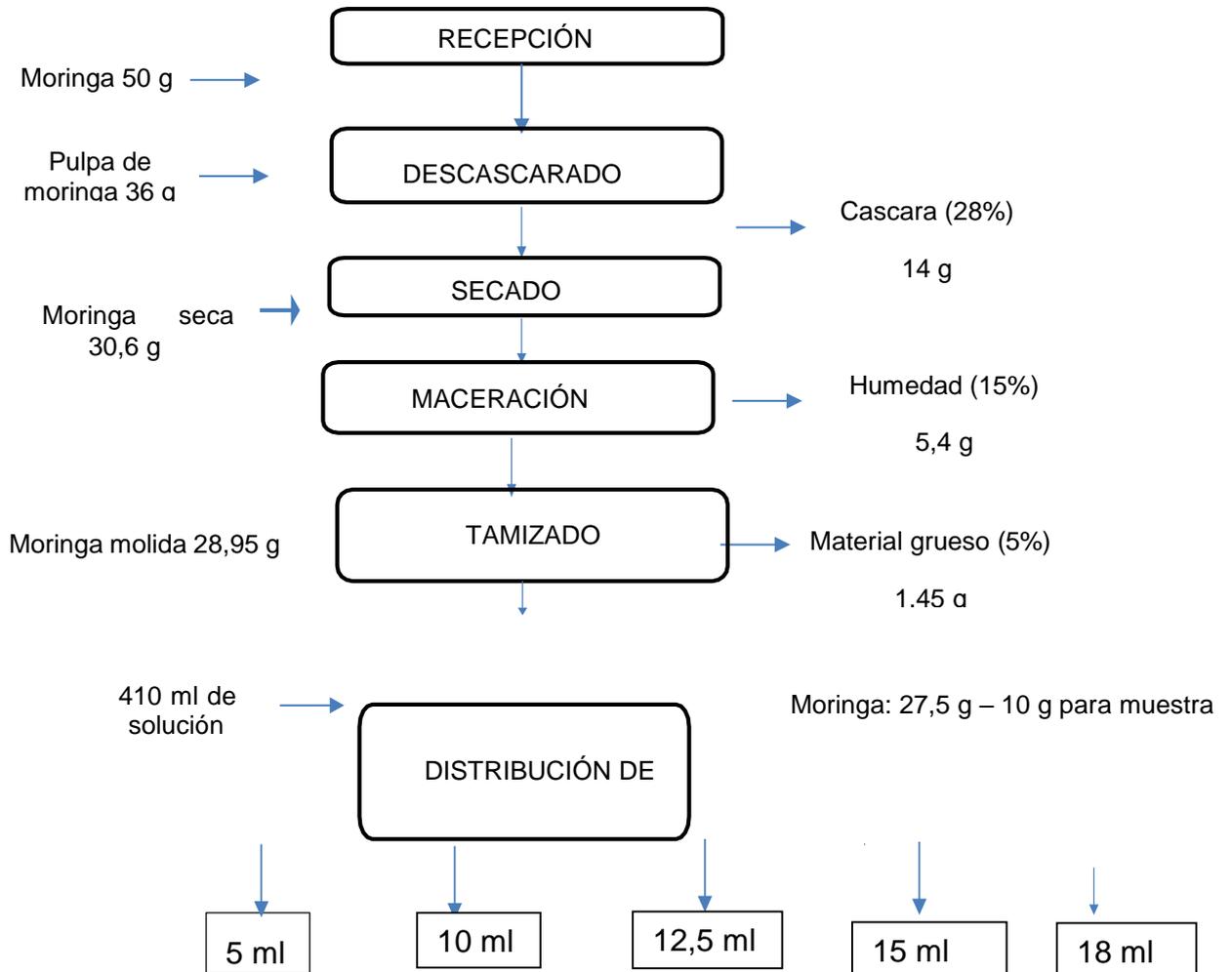
Tamarindus indica:

- a) Se remojó la fruta para poder despulpar quedando las semillas, estas se pusieron a hidratar por 3-5 días, se retira la membrana de los cotiledones.
- b) Se procedió a triturar los cotiledones en una licuadora doméstica.
- c) El polvo obtenido se pasó por un tamiz de 0,63 mm para reducir de tamaño.
- d) Se maceró con agua destilada en razón de 5 g/100 ml de agua destilada. Esta solución se coloca en una plancha de agitación a 50 RPM por 20 minutos a una temperatura constante de 65°C. Luego se separa por decantación hasta observar una parte acuosa que será el floculante mientras que la parte viscosa sirve como un residuo orgánico.

4.1.2.1 Diagrama de flujo para la obtención de coagulante natural a partir de tamarindo



4.1.2.2 Diagrama de flujo para la obtención de coagulante natural a partir de moringa



4.1.2.3 Análisis estadístico del efecto de *Tamarindus indica* en el proceso CF

Se procedió a realizar el análisis estadístico que se presenta a continuación:

Tabla 8. Análisis de la varianza para la variable turbidez

<i>Fuente</i>	SC	Gl	CM	Razón – F	Valor-P
A: Dosis floclulantes	35,5696	4	8,89239	359692,33	0,0000
B: Tiempo de aplicación	1682,33	1	1682,33	68049261,8	0,0000
C: replicas	0,000005	2	0,00000025	0,10	0,9043
A*B	35,5134	4	8,87836	359124,73	0,0000
Error experimental	0,000445	18	0,00000045		
Total	1753,41	29			

En cuanto a los resultados obtenidos en el análisis de varianza de la variable turbidez mostrados en la (**Tabla 8**), se observó que en el “Factor A: dosis de floclulante” se obtuvo un valor-P de 0,0000 demostrando así que existió una diferencia significativa entre los resultados obtenidos, ocurriendo lo mismo en el “Factor B: ” con un valor-P de 0,0000 mostrando que existió diferencia significativa los resultados obtenidos, en cuanto a las repeticiones realizadas al obtener un valor-P de 0,9043 se pudo demostrar que no hubo diferencia significativa, por lo tanto existió normalidad en la toma de datos, mientras que en la Interacción A*B se obtuvo un valor-P de 0,0000 demostrando que existió diferencia significativa en los resultados de los niveles al interactuar: (Dosis de floclulantes * Tiempo de aplicación).

Tabla 9. Análisis de la varianza para la variable Conductividad eléctrica

<i>Fuente</i>	SC	Gl	CM	Razón – F	Valor-P
A:Dosis floclantes	1080,89	4	270,222	7546,94	0,0000
B:Tiempo de aplicación	616,987	1	616,987	17231,59	0,0000
C:replicas	0,0005	2	0,00025	0,01	0,9930
A*B	1057,08	4	264,271	7380,73	0,0000
Error experimental	0,6445	18	0,0358056		
Total	2755,61	29			

En cuanto a los resultados obtenidos en el análisis de varianza de la variable Conductividad eléctrica mostrados en la (Tabla 9), se observó que en el “Factor A: dosis de floclante” se obtuvo un valor-P de 0,0000 demostrando así que existió una diferencia significativa entre los resultados obtenidos, ocurriendo lo mismo en el “Factor B: ” con un valor-P de 0,0000 mostrando que existió diferencia significativa los resultados obtenidos, en cuanto a las repeticiones realizadas al obtener un valor-P de 0,9930 se pudo demostrar que no hubo diferencia significativa, por lo tanto existió normalidad en la toma de datos, mientras que en la Interacción A*B se obtuvo un valor-P de 0,0000 demostrando que existió diferencia significativa en los resultados de los niveles al interactuar: (Dosis de floclantes * Tiempo de aplicación).

Tabla 10. Análisis de la varianza para la variable Oxígeno disuelto

<i>Fuente</i>	SC	Gl	CM	Razón – F	Valor-P
A:Dosis floclantes	8,05448	4	2,01362	36064,81	0,0000
B:Tiempo de aplicación	159,46	1	159,46	2855998,34	0,0000
C:replicas	0,000045	2	0,0000225	0,40	0,6742
A*B	8,08991	4	2,02248	36223,46	0,0000
Error experimental	0,001005	18	0,00005583		
Total	175,605	29			

En cuanto a los resultados obtenidos en el análisis de varianza de la variable Oxígeno disuelto mostrados en la (Tabla 10), se observó que en el “Factor A: dosis de floclante” se obtuvo un valor-P de 0,0000 demostrando así que existió una diferencia significativa entre los resultados obtenidos, ocurriendo lo mismo en el “Factor B: ” con un valor-P de 0,0000 mostrando que existió diferencia significativa los resultados obtenidos, en cuanto a las repeticiones realizadas al obtener un valor-P de 0,6742se pudo demostrar que no hubo diferencia significativa, por lo tanto existió normalidad en la toma de datos, mientras que en la Interacción A*B se obtuvo un valor-P de 0,0000 demostrando que existió diferencia significativa en los resultados de los niveles al interactuar: (Dosis de floclantes * Tiempo de aplicación).

Tabla 11. Análisis de la varianza para la variable pH

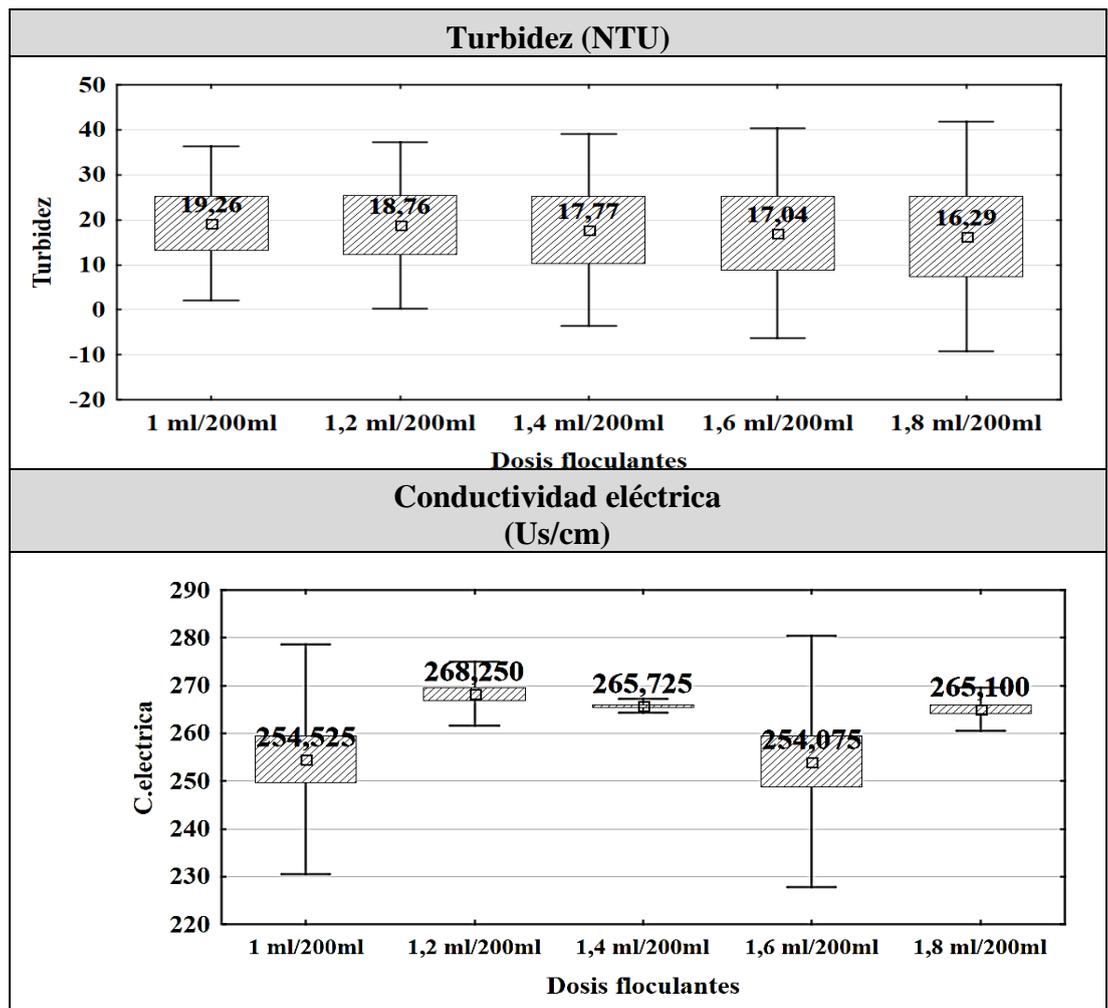
<i>Fuente</i>	SC	Gl	CM	Razón – F	Valor-P
A:Dosis floclantes	1,1917	4	0,297926	5674,79	0,0000
B:Tiempo de aplicación	7,69627	1	7,69627	146595,57	0,0000
C:replicas	0,000005	2	0,0000025	0,05	0,9536
A*B	1,18144	4	0,295361	5625,93	0,0000
Error experimental	0,000945	18	0,0000525		
Total	10,0704	29			

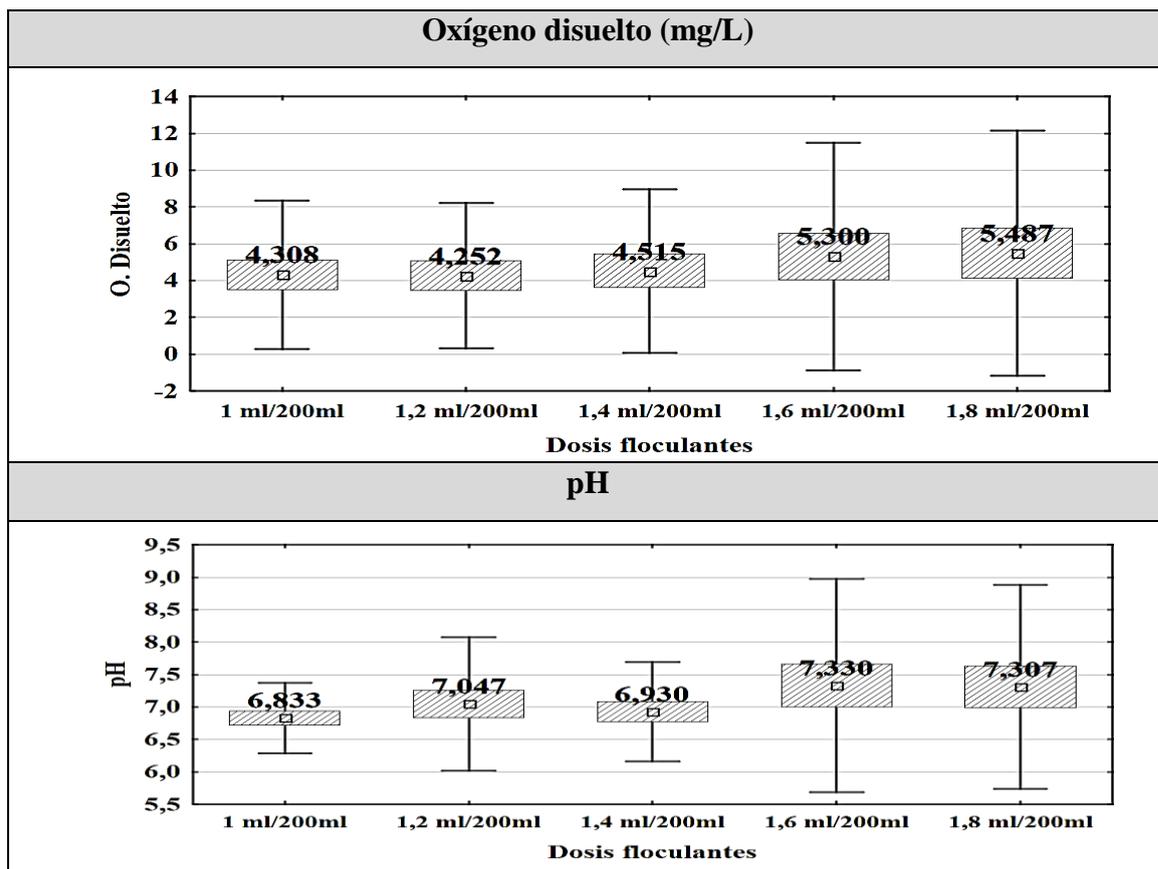
En cuanto a los resultados obtenidos en el análisis de varianza de la variable pH mostrados en la (Tabla 11), se observó que en el “Factor A: dosis de floclante” se obtuvo un valor-P de 0,0000 demostrando así que existió una diferencia significativa entre los resultados obtenidos, ocurriendo lo mismo en el “Factor B: ” con un valor-P de 0,0000 mostrando que existió diferencia significativa los resultados obtenidos, en cuanto a las repeticiones realizadas al obtener un valor-P de 0,9536 se pudo demostrar que no hubo diferencia significativa, por lo tanto existió normalidad en la toma de datos, mientras que en la Interacción A*B se obtuvo un valor-P de 0,0000 demostrando que existió diferencia significativa en los resultados de los niveles al interactuar: (Dosis de floclantes * Tiempo de aplicación).

Tabla 12. Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos obtenidos al usar como materia prima el tamarindo (Factor A: Dosis de floculantes)

Dosis de floculantes	Turbidez (NTU)	Conductividad eléctrica (Us/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	pH
A0:1ml/200ml	19,26 ^E	254,525 ^B	4,308 ^B	6,833 ^a
A1:1,2 ml/200ml	18,76 ^D	268,250 ^E	4,252 ^A	7,048 ^C
A2:1,4 ml/200ml	17,77 ^C	265,725 ^D	4,515 ^C	6,930 ^B
A3:1,6 ml/200ml	17,04 ^B	254,075 ^A	5,300 ^D	7,330 ^E
A4:1,8 ml/200ml	16,29 ^A	265,100 ^C	5,487 ^E	7,307 ^D

Figura 3. Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos (Factor A: Dosis de floculantes)



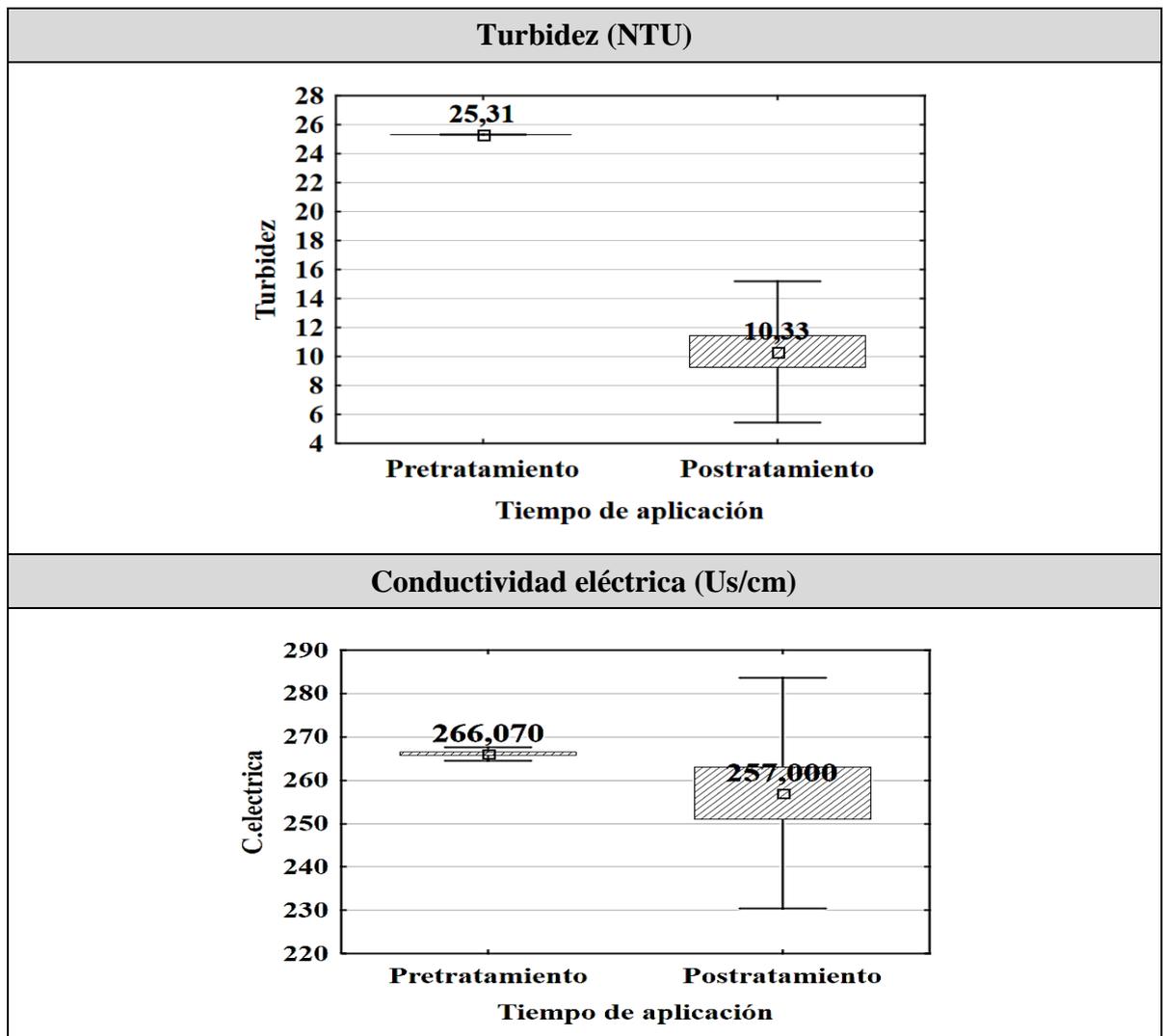


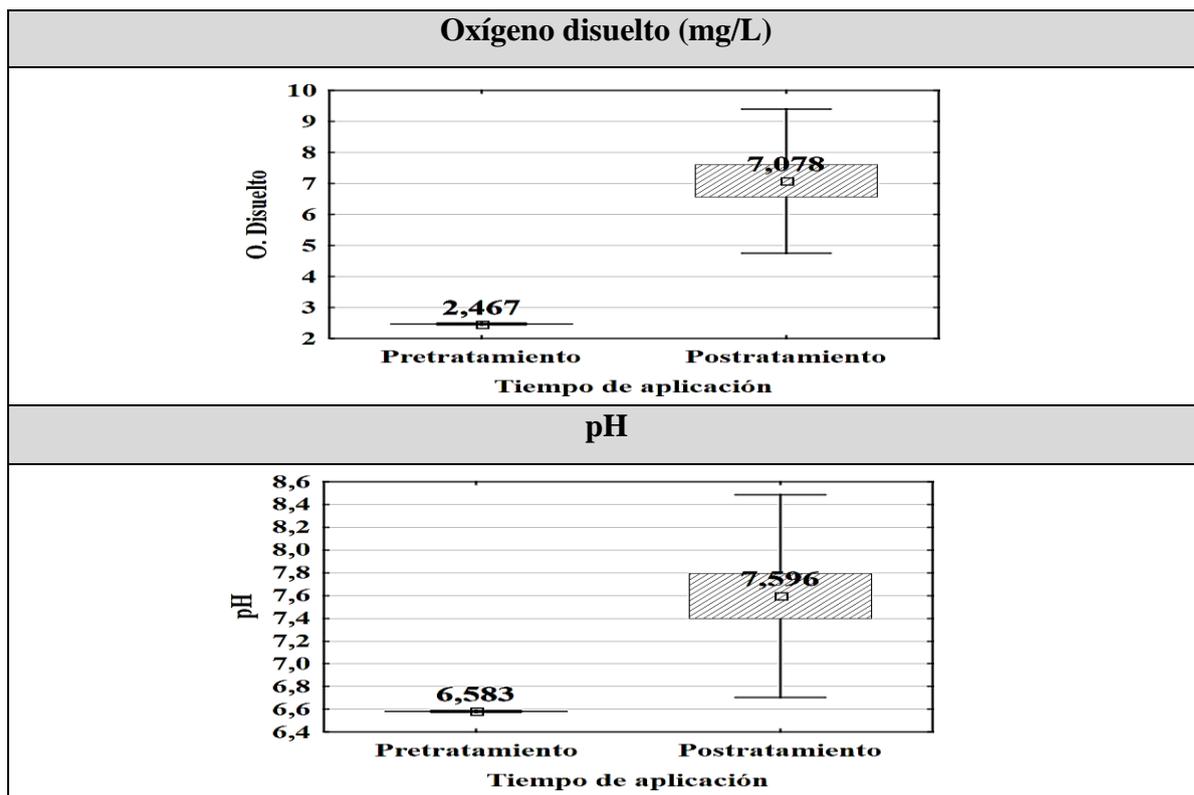
La figura 3 muestra los valores de Tukey ($p < 0,05$) resumidos de las variables evaluadas. Se muestra que para la variable Turbidez se presentó el mayor valor en (A0:1ml/200ml con un valor de 19,26 NTU) mientras que el valor más bajo en (a4:1,8 ml/200ml con un valor de 16,29 NTU); para la variable de conductividad eléctrica se pudo observar un valor más alto en (a2: 1,2 ml/200ml 268,250 Us/cm) sucediendo lo contrario en (a3: 1,6 ml/200ml 254,075 Us/cm) siendo este el valor más bajo; en lo que respecta al oxígeno disuelto se presentó el mayor valor en (a4: 1,8 ml/200ml con un valor de 5,487 mg/L) mientras que el valor más bajo se presentó en (a1:1,2 ml/200ml con un valor de 4,52 mg/L) y por último para la variable pH el valor mayor se pudo observar en (a3: 1,6 ml/200ml un valor de 7,307) mientras que el valor más bajo se presentó en (a0: 1 ml/200ml dando un valor de 6,883).

Tabla 13. Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos obtenidos al usar como materia prima el tamarindo (Factor B: Tiempo de aplicación)

Tiempo de aplicación	Turbidez (NTU)	Conductividad eléctrica (Us/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	pH
B0:Pretratamiento	10,33 ^a	266,070 ^B	2,467 ^A	6,583 ^A
B1:Postratamiento	25,31 ^B	257,000 ^A	7,078 ^B	7,596 ^B

Figura 4. Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos (Factor B: Tiempo de Aplicación)



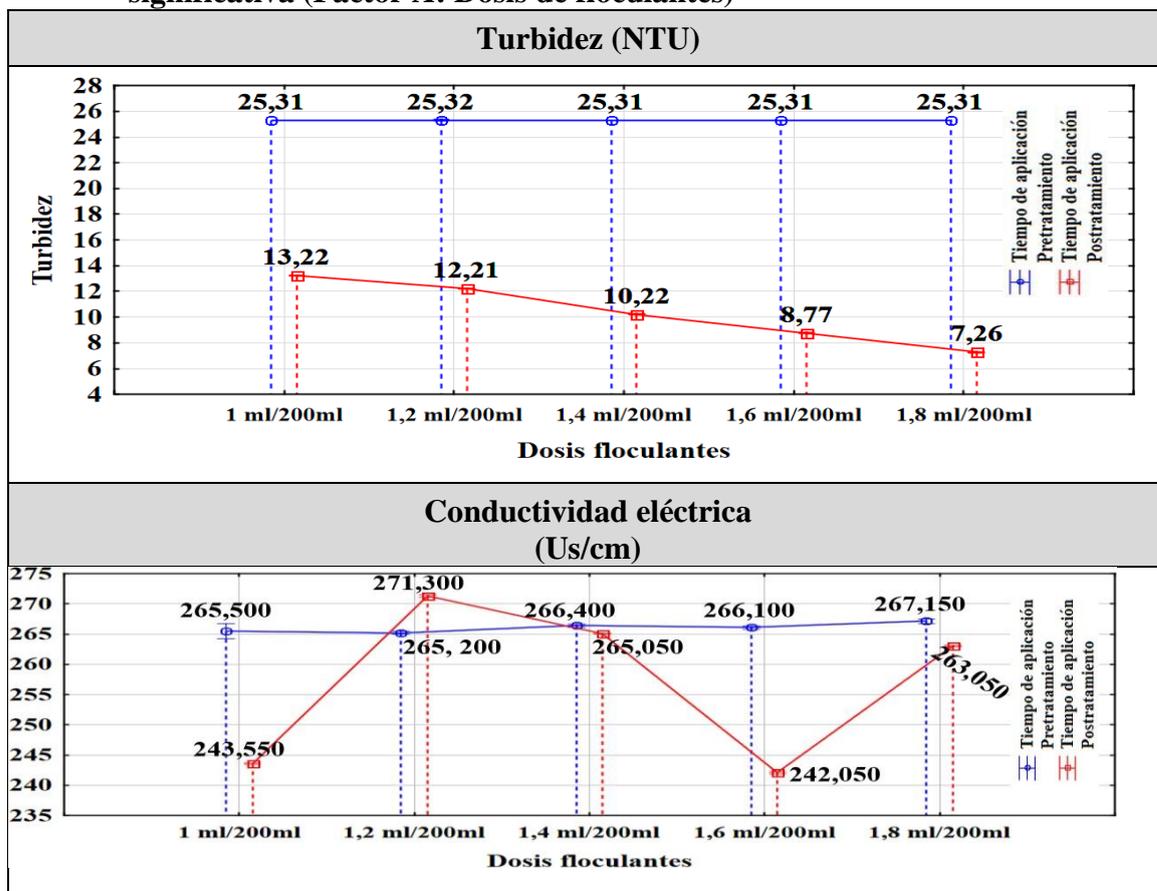


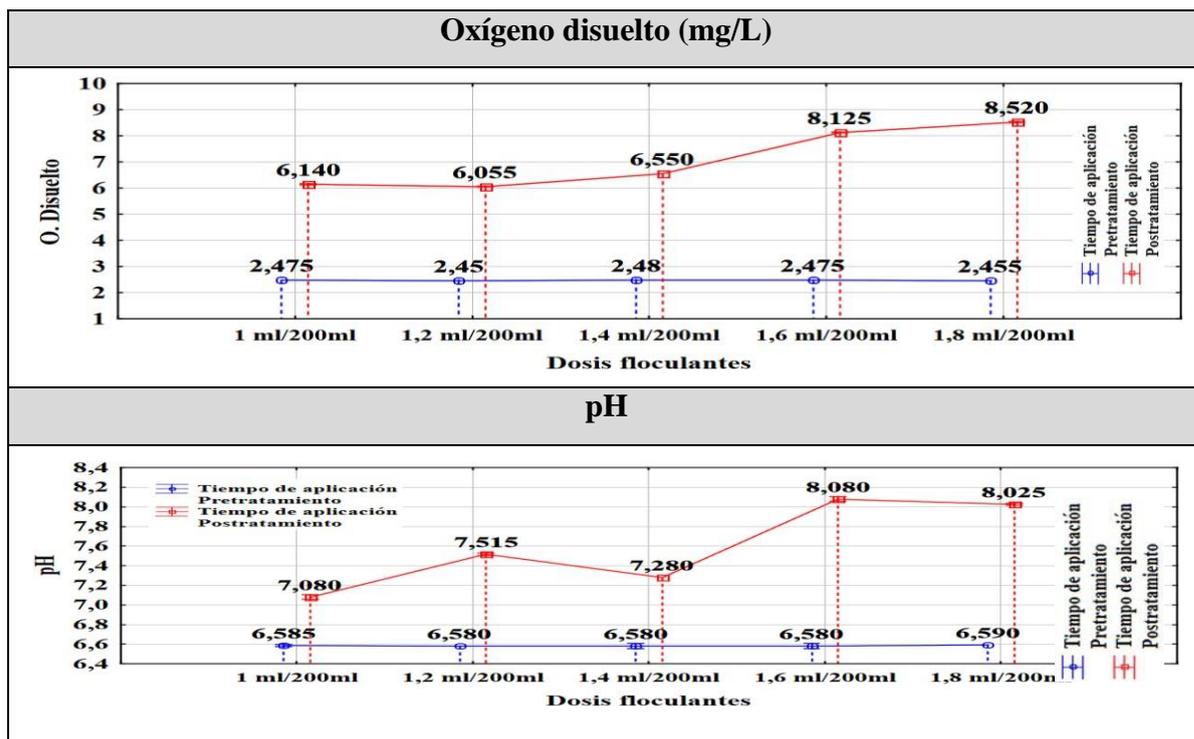
La figura 4 muestra los valores de Tukey ($p < 0,05$) resumidos de las variables evaluadas. Se muestra que para la variable Turbidez se presentó el mayor valor en (b1: postratamiento con un valor de 0,309 NTU) mientras que el valor más bajo en (b0: pretratamiento con un valor de 0,251 NTU); para la variable de conductividad eléctrica se pudo observar un valor más alto en (b0: pretratamiento 266,070 Us/cm) sucediendo lo contrario en (b1: postratamiento con un valor de 257,000 Us/cm) siendo este el valor más bajo; en lo que respecta al oxígeno disuelto se presentó el mayor valor en (b1: postratamiento con un valor de 7,078 mg/L) mientras que el valor más bajo se presentó en (b0: pretratamiento con un valor de 2,467 mg/L) y por último para la variable pH el valor mayor se pudo observar en (b1: postratamiento con un valor de 7,596) mientras que el valor más bajo se presentó en 6,583 (b0: pretratamiento un valor de).

Tabla 14. Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos obtenidos al usar como materia prima el tamarindo (Factor A: Dosis de floculantes)

Dosis de floculantes	Turbidez (NTU)	Conductividad eléctrica (Us/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	pH
A0b0: 1ml/200ml + Pretratamiento	25,31 ^F	265,500 ^D	2,475 ^{BC}	6,833 ^A
A0b1: 1ml/200ml + Postratamiento	12,22 ^E	243,550 ^B	6,140 ^E	7,048 ^C
A1b0: 1,2 ml/200ml + Pretratamiento	25,32 ^F	265,200 ^D	2,450 ^a	6,930 ^B
A1b1: 1,2 ml/200ml + Postratamiento	12,21 ^D	271,300 ^G	6,055 ^D	7,330 ^E
A2b0: 1,4 ml/200ml + Pretratamiento	25,31 ^F	266,400 ^E	2,480 ^C	7,307 ^D
A2b1: 1,4 ml/200ml + Postratamiento	10,22 ^C	265,050 ^D	6,550 ^F	6,833 ^A
A3b0: 1,6 ml/200ml + Pretratamiento	25,31 ^F	266,100 ^E	2,475 ^{BC}	7,048 ^C
A3b1: 1,6 ml/200ml + Postratamiento	8,77 ^B	242,050 ^A	8,125 ^G	6,930 ^B
A4b0: 1,8 ml/200ml + Pretratamiento	25,31 ^F	267,150 ^F	2,455 ^{AB}	7,330 ^E
A4b1: 1,8 ml/200ml + Postratamiento	7,27 ^A	263,050 ^C	8,520 ^H	7,307 ^D

Figura 5. Prueba de significación de Tukey para las variables que presentaron diferencia significativa (Factor A: Dosis de floculantes)





La figura 5 muestra los valores de Tukey ($p < 0,05$) resumidos de las variables evaluadas. Se muestra que para la variable Turbidez se presentó el mayor valor en (a1b0:1,2 ml/200ml + Pretratamiento con 25,32 NTU) mientras que el valor más bajo en (a4b1:1,8 ml/200ml + Postratamiento con 7,26 NTU); para la variable de conductividad eléctrica se pudo observar un valor más alto en (a1b1:1,2 ml/200ml + Postratamiento 271,333 Us/cm) sucediendo lo contrario en (a3b1:1,6 ml/200ml + Postratamiento con un valor de 242,050 Us/cm) siendo este el valor más bajo; en lo que respecta al oxígeno disuelto se presentó el mayor valor en (a4b1:1,8 ml/200ml + Postratamiento con un valor de 8,520 mg/L) mientras que el valor más bajo se presentó en (a1b0:1,2 ml/200ml + Pretratamiento con un valor de 2,450 mg/L y A4b0:1,8 ml/200ml + Pretratamiento con un valor de 2,455 mg/L) y por último para la variable pH el valor mayor se pudo observar en (a1b1:1,2 ml/200ml + Postratamiento con un valor de 7,330 y a4b0:1,8 ml/200ml + Pretratamiento

con un valor de 7,330) mientras que el valor más bajo se presentó en (a0b0: 1ml/200ml + Pretratamiento un valor de 6,833 y A2b1: 1,4 ml/200ml + Postratamiento con un valor de 6,833).

4.1.2.4 Análisis estadístico del efecto de Moringa oleífera indica en el proceso CF.

El análisis estadístico para materia prima de moringa se indica a continuación:

Tabla 15. Análisis de la varianza para la variable turbidez

<i>Fuente</i>	SC	GI	CM	Razón – F	Valor-P
A:Dosis floclantes	190,557	3	63,5189	2003977,65	0,0000
B:Tiempo de aplicación	552,528	1	552,528	17431871,9	0,0000
C:replicas	0,00000625	2	0,000003125	0,10	0,9067
AB	190,557	3	63,5189	2003977,65	0,0000
RESIDUOS	0,00044375	14	0,0000316964		
TOTAL (CORREGIDO)	933,642	23			

En cuanto a los resultados obtenidos en el análisis de varianza de la variable turbidez mostrados en la (Tabla 15), se observó que en el “Factor A: dosis de floclante” se obtuvo un valor-P de 0,0000 demostrando así que existió una diferencia significativa entre los resultados obtenidos, ocurriendo lo mismo en el “Factor B: ” con un valor-P de 0,0000 mostrando que existió diferencia significativa los resultados obtenidos, en cuanto a las repeticiones realizadas al obtener un valor-P de 0,9067 se pudo demostrar que no hubo diferencia significativa, por lo tanto existió normalidad en la toma de datos, mientras que en la Interacción A*B se obtuvo un valor-P de 0,0000 demostrando que existió diferencia significativa en los resultados de los niveles al interactuar: (Dosis de floclantes * Tiempo de aplicación).

Tabla 16. Análisis de la varianza para la variable Conductividad eléctrica

<i>Fuente</i>	SC	Gl	CM	Razón – F	Valor-P
A:Dosis floclantes	1315,7	3	438,568	52254,85	0,0000
B:Tiempo de aplicación	4142,25	1	4142,25	493545,13	0,0000
C: replicas	0,0025	2	0,00125	0,15	0,8630
A*B	1473,41	3	491,136	58518,36	0,0000
RESIDUOS	0,1175	14	0,00839286		
TOTAL (CORREGIDO)	6931,49	23			

En cuanto a los resultados obtenidos en el análisis de varianza de la variable Conductividad eléctrica mostrados en la (Tabla 16), se observó que en el “Factor A: dosis de floclante” se obtuvo un valor-P de 0,0000 demostrando así que existió una diferencia significativa entre los resultados obtenidos, ocurriendo lo mismo en el “Factor B: ” con un valor-P de 0,0000 mostrando que existió diferencia significativa los resultados obtenidos, en cuanto a las repeticiones realizadas al obtener un valor-P de 0,8630 se pudo demostrar que no hubo diferencia significativa, por lo tanto existió normalidad en la toma de datos, mientras que en la Interacción A*B se obtuvo un valor-P de 0,0000 demostrando que existió diferencia significativa en los resultados de los niveles al interactuar: (Dosis de floclantes * Tiempo de aplicación).

Tabla 17. Análisis de la varianza para la variable Oxígeno disuelto

<i>Fuente</i>	SC	Gl	CM	Razón – F	Valor-P
A:Dosis floclulantes	0,306712	3	0,102237	1590,36	0,0000
B:Tiempo de aplicación	5,21734	1	5,21734	81158,58	0,0000
C:replicas	0,0001	2	0,00005	0,78	0,4783
AB	0,354112	3	0,118037	1836,14	0,0000
RESIDUOS	0,0009	14	0,0000642857		
TOTAL (CORREGIDO)	5,87916	23			

En cuanto a los resultados obtenidos en el análisis de varianza de la variable Oxígeno disuelto mostrados en la (Tabla 17), se observó que en el “Factor A: dosis de floclulante” se obtuvo un valor-P de 0,0000 demostrando así que existió una diferencia significativa entre los resultados obtenidos, ocurriendo lo mismo en el “Factor B: ” con un valor-P de 0,0000 mostrando que existió diferencia significativa los resultados obtenidos, en cuanto a las repeticiones realizadas al obtener un valor-P de 0,4783 se pudo demostrar que no hubo diferencia significativa, por lo tanto existió normalidad en la toma de datos, mientras que en la Interacción A*B se obtuvo un valor-P de 0,0000 demostrando que existió diferencia significativa en los resultados de los niveles al interactuar: (Dosis de floclulantes * Tiempo de aplicación).

Tabla 18. Análisis de la varianza para la variable pH.

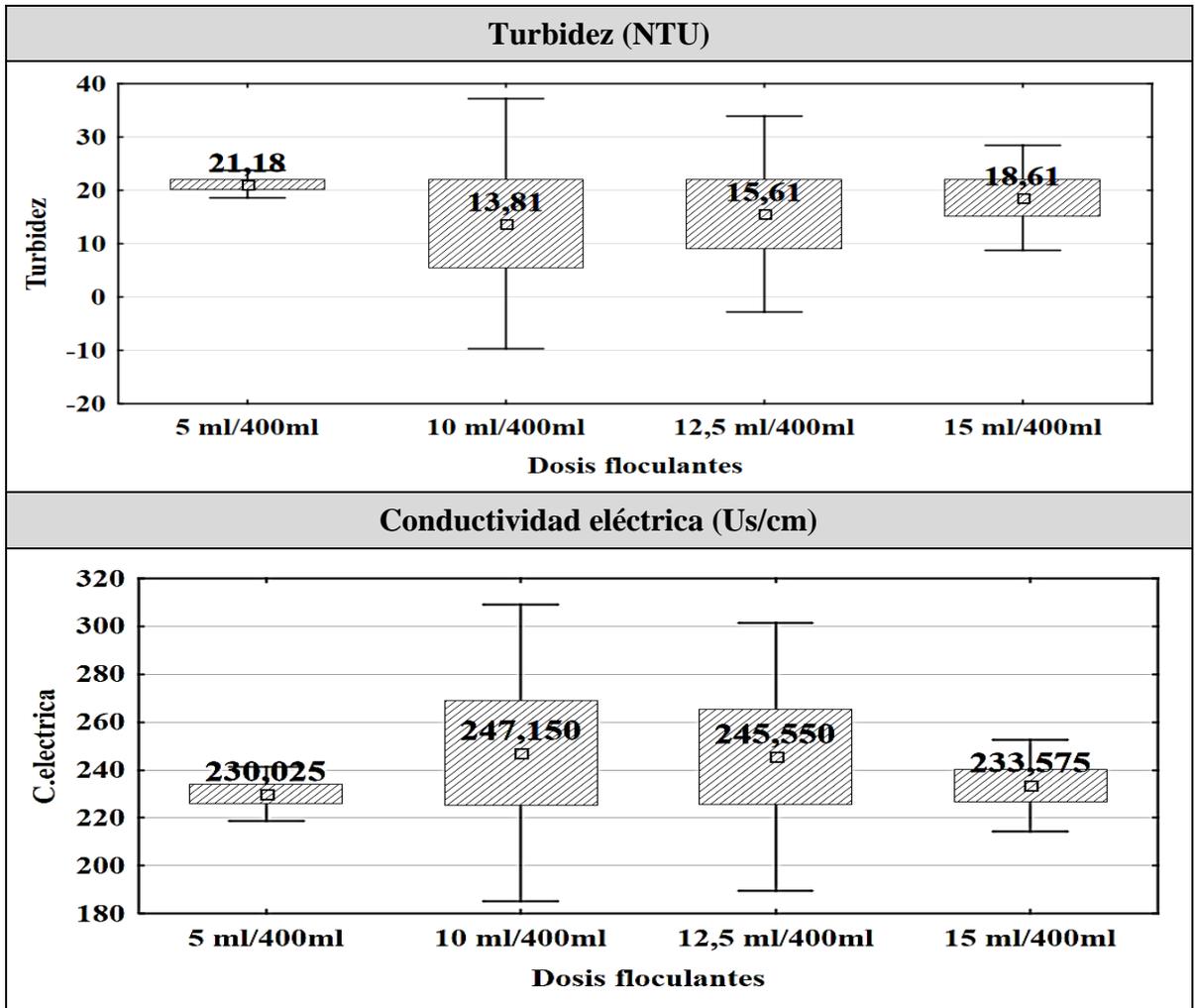
<i>Fuente</i>	SC	Gl	CM	Razón – F	Valor-P
A:Dosis floclulantes	0,0495	3	0,0165	236,92	0,0000
B:Tiempo de aplicación	2,73375	1	2,73375	39253,85	0,0000
C:replicas	0,000025	2	0,0000125	0,18	0,8376
A*B	0,20325	3	0,06775	972,82	0,0000
RESIDUOS	0,000975	14	0,0000696429		
TOTAL (CORREGIDO)	2,9875	23			

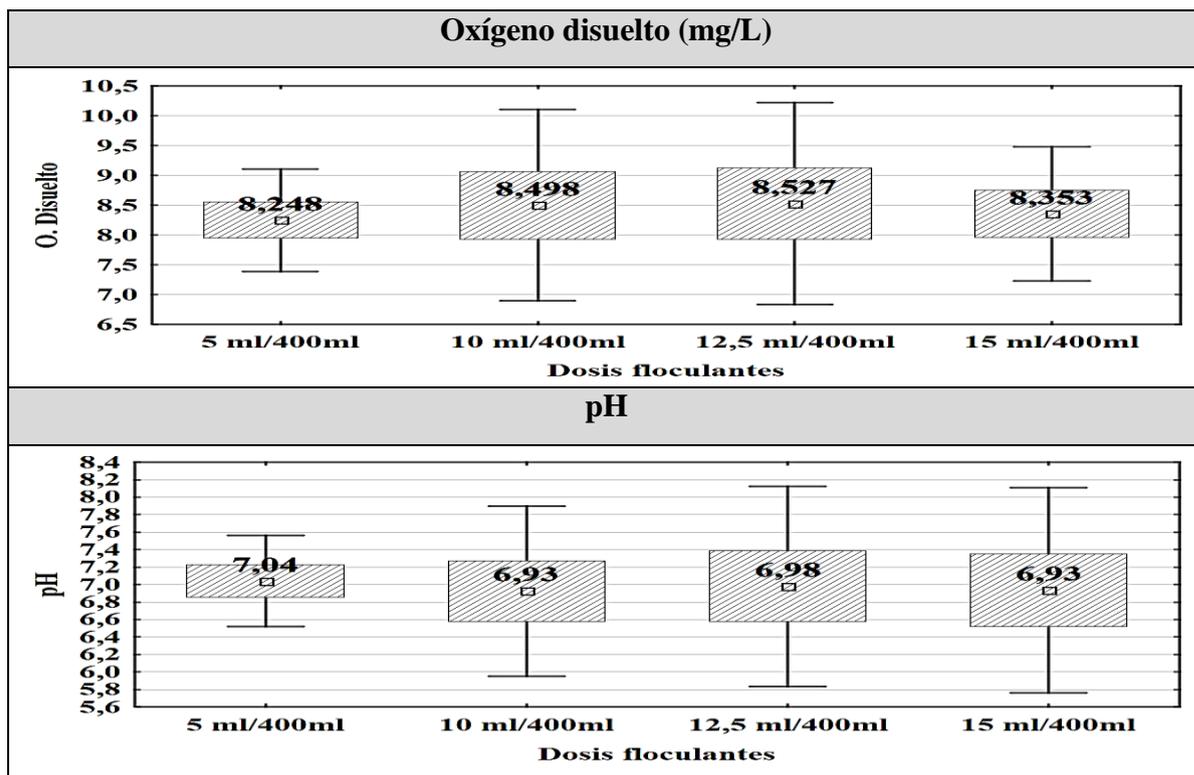
En cuanto a los resultados obtenidos en el análisis de varianza de la variable pH mostrados en la (Tabla 18), se observó que en el “Factor A: dosis de floculante” se obtuvo un valor-P de 0,0000 demostrando así que existió una diferencia significativa entre los resultados obtenidos, ocurriendo lo mismo en el “Factor B: ” con un valor-P de 0,0000 mostrando que existió diferencia significativa los resultados obtenidos, en cuanto a las repeticiones realizadas al obtener un valor-P de 0,8376 se pudo demostrar que no hubo diferencia significativa, por lo tanto existió normalidad en la toma de datos, mientras que en la Interacción A*B se obtuvo un valor-P de 0,0000 demostrando que existió diferencia significativa en los resultados de los niveles al interactuar: (Dosis de floculantes * Tiempo de aplicación).

Tabla 19. Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos obtenidos al usar como materia prima moringa (Factor A: Dosis de floculantes)

Dosis de floculantes	Turbidez (NTU)	Conductividad eléctrica (Us/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	pH
A0: 5 ml/400ml	21,18 ^D	230,025 ^A	8,248 ^A	7,04 ^C
A1:10 ml/400ml	13,81 ^a	247,150 ^D	8,498 ^C	6,92 ^A
A2:12,5 ml/400ml	15,61 ^B	245,550 ^C	8,528 ^D	6,98 ^B
A3: 15 ml/400ml	18,61 ^C	233,575 ^B	8,353 ^B	6,93 ^A

Figura 6. Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos obtenidos al usar como materia prima moringa (Factor A: Dosis de floculantes)



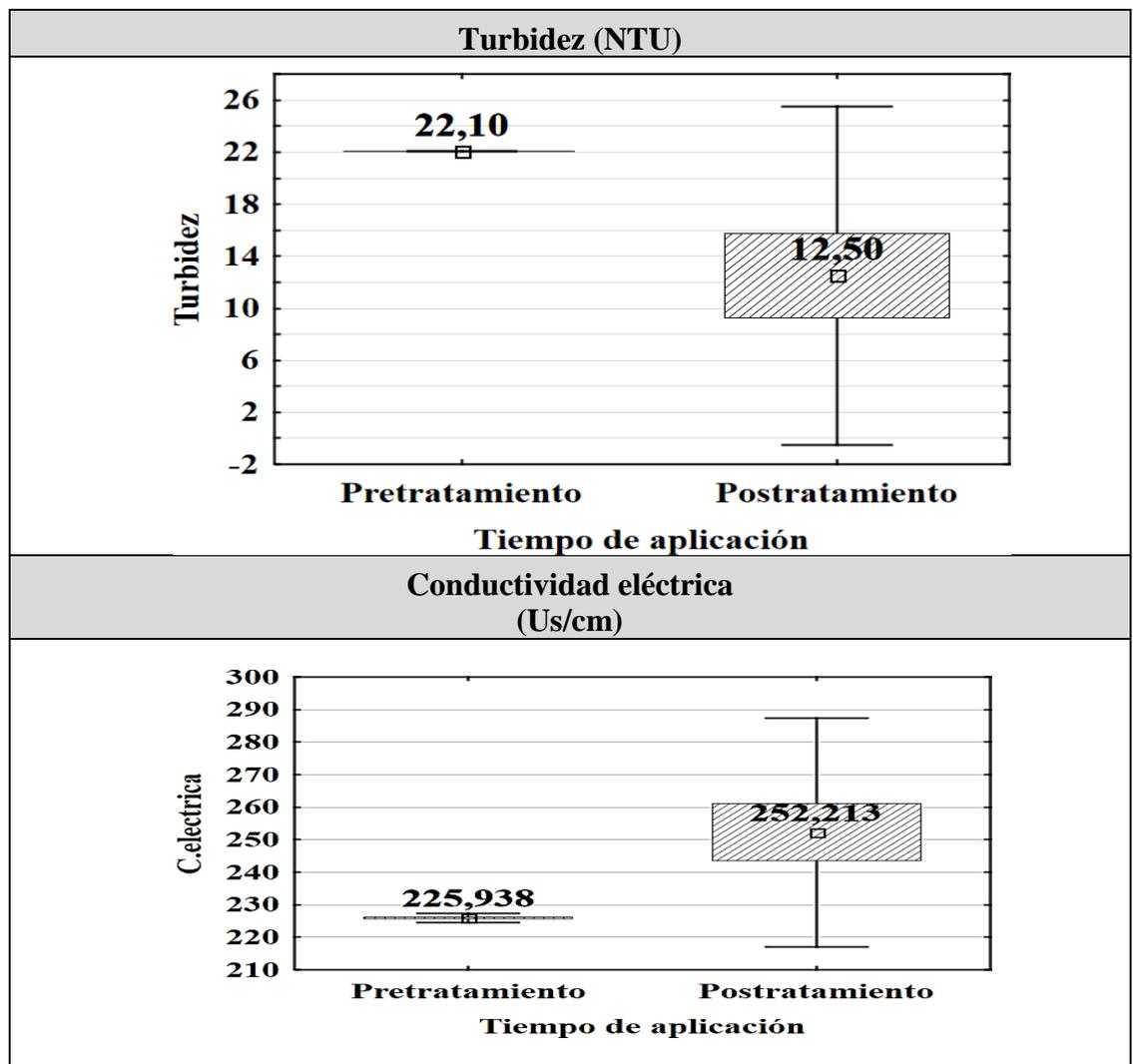


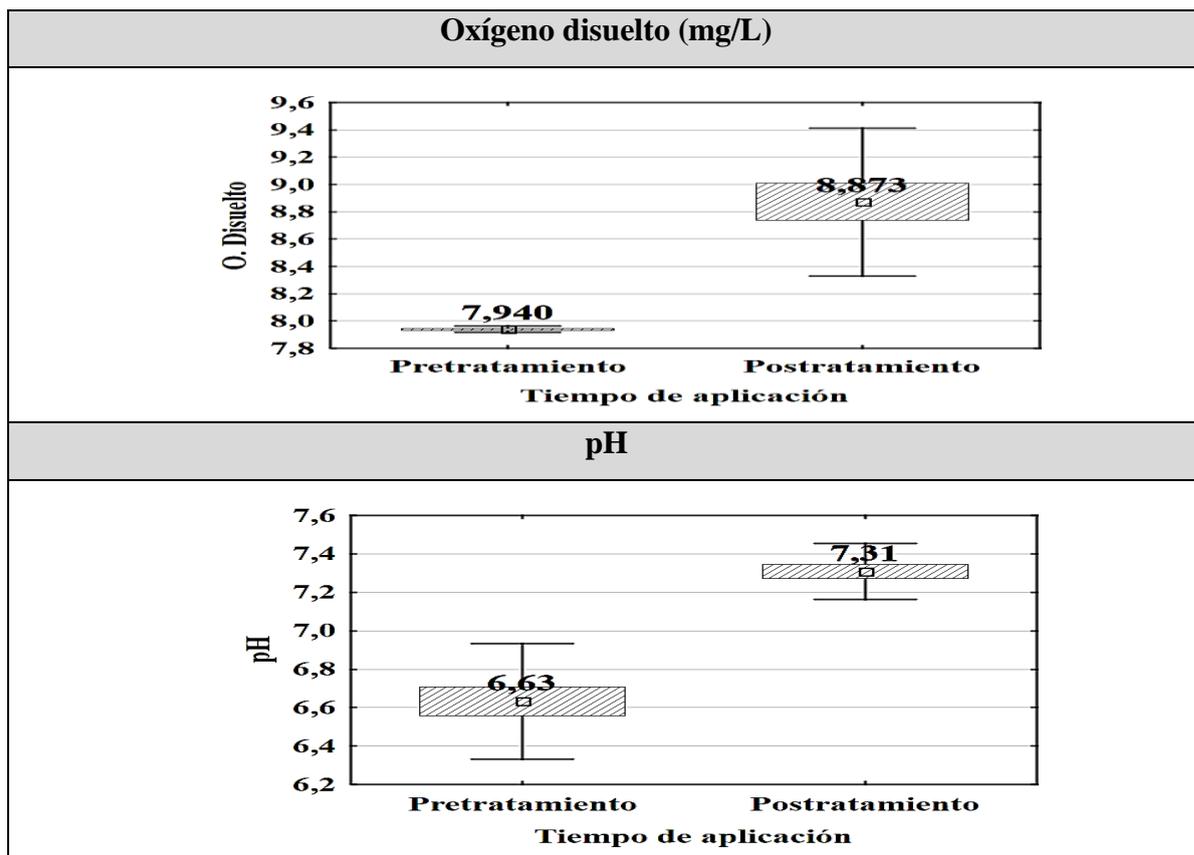
La figura 6 muestra los valores de Tukey ($p < 0,05$) resumidos de las variables evaluadas. Se muestra que para la variable Turbidez se presentó el mayor valor en (a0: 5 ml/400ml con un valor de 21,17 NTU) mientras que el valor más bajo en (a1: 10 ml/400 ml con un valor de 13,81 NTU); para la variable de conductividad eléctrica se pudo observar un valor más alto en (a1: 10 ml/400ml 247,150 Us/cm) sucediendo lo contrario en (a0: 5 ml/400ml 230,025 Us/cm) siendo este el valor más bajo; en lo que respecta al oxígeno disuelto se presentó el mayor valor en (a2: 12,5 ml/400ml con un valor de 8,528 mg/L) mientras que el valor más bajo se presentó en (a0:5 ml/400ml con un valor de 8,248 mg/L) y por último para la variable pH el valor mayor se pudo observar en (a0: 5 ml/400 ml un valor de 7,04) mientras que el valor más bajo se presentó en (a1: 10 ml/400 ml dando un valor de 6,92 y a3: 15 ml/400ml con un valor de 6,93).

Tabla 20. Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos obtenidos al usar como materia prima moringa (Factor B: Tiempo de aplicación)

Tiempo de aplicación	Turbidez (NTU)	Conductividad eléctrica (Us/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	pH
B0:Pretratamiento	22,10 ^a	225,938 ^A	7,940 ^A	6,63 ^A
B1:Postratamiento	12,50 ^B	252,213 ^B	8,873 ^B	7,31 ^B

Figura 7. Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos (Factor B: Tiempo de aplicación)



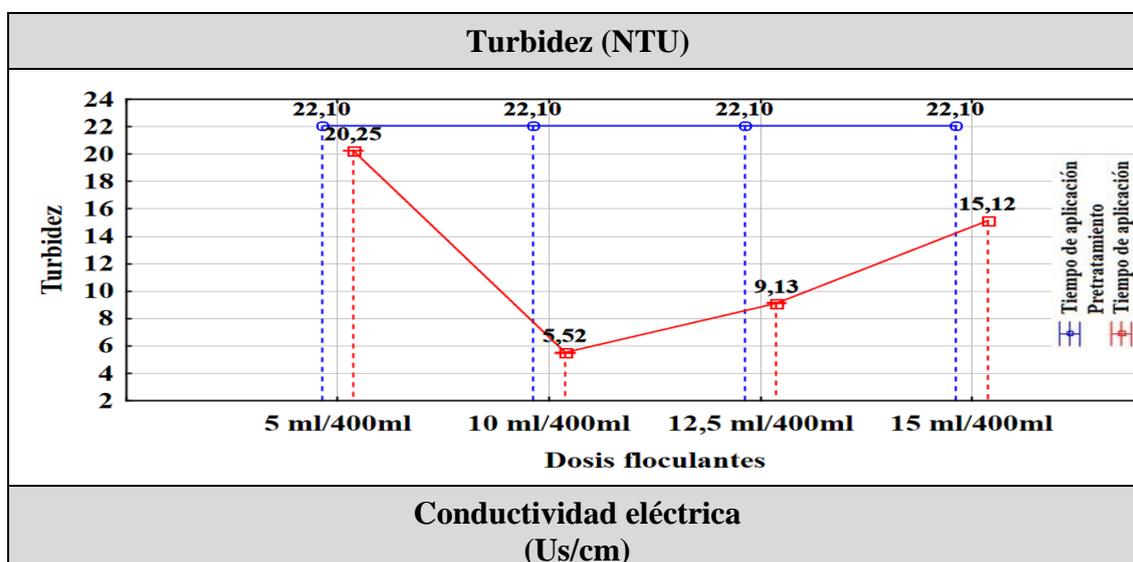


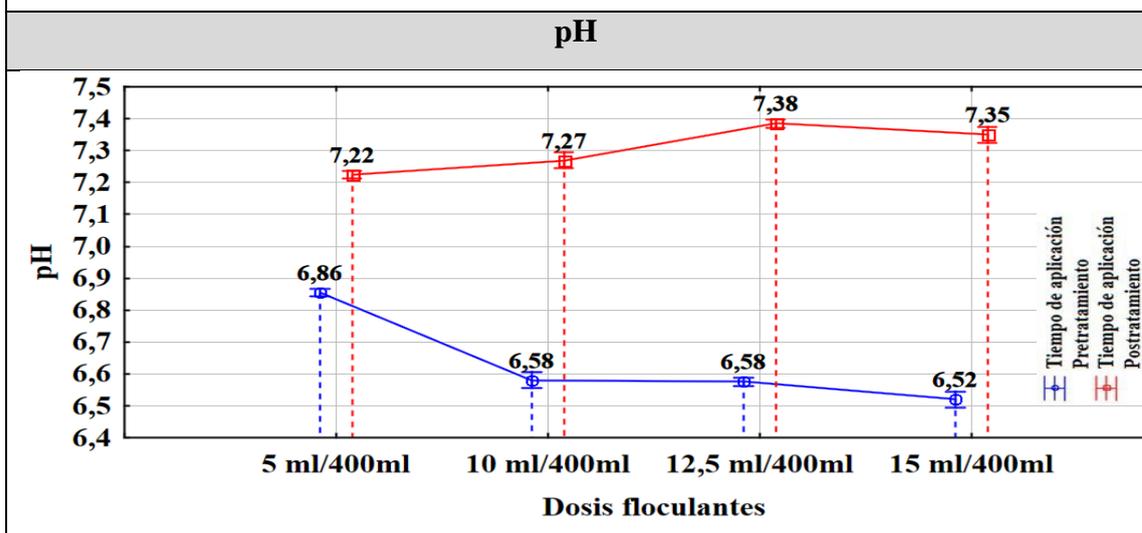
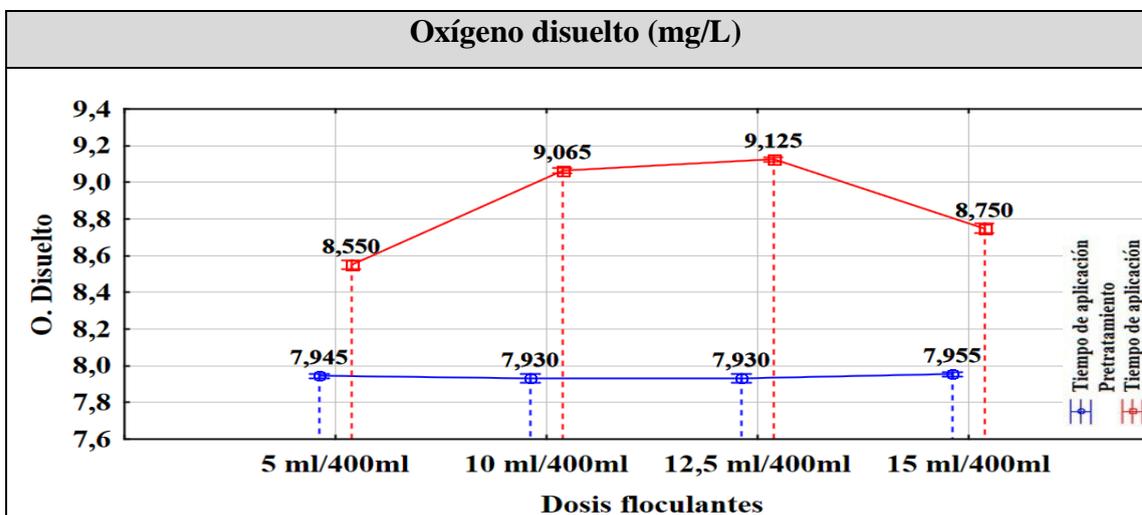
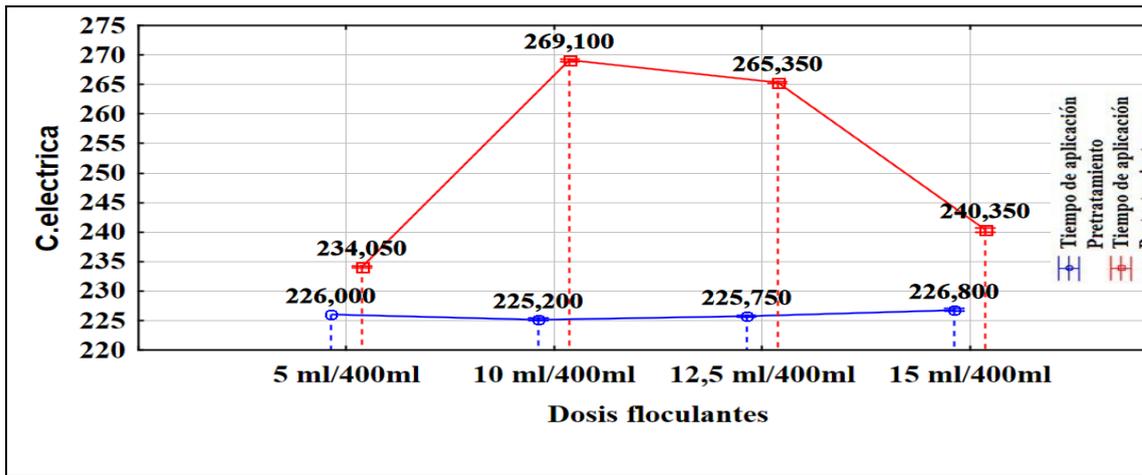
La figura 7 muestra los valores de Tukey ($p < 0,05$) resumidos de las variables evaluadas. Se muestra que para la variable Turbidez se presentó el mayor valor en (b0: pretratamiento con un valor de 22,1 NTU) mientras que el valor más bajo en (b1: postratamiento con un valor de 12,50 NTU); para la variable de conductividad eléctrica se pudo observar un valor más alto en (b1: postratamiento 252,213 Us/cm) sucediendo lo contrario en (b0: pretratamiento con un valor de 225,938 Us/cm) siendo este el valor más bajo; en lo que respecta al oxígeno disuelto se presentó el mayor valor en (b1: postratamiento con un valor de 8,873 mg/L) mientras que el valor más bajo se presentó en (b0: pretratamiento con un valor de 7,940 mg/L) y por último para la variable pH el valor mayor se pudo observar en (b1: postratamiento con un valor de 7,31) mientras que el valor más bajo se presentó en (b0: pretratamiento un valor de 6,63).

Tabla 21. Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos obtenidos al usar como materia prima moringa (Factor A: Dosis de floculantes).

Dosis de floculantes	Turbidez (NTU)	Conductividad eléctrica (Us/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	pH
A0b0: 5 ml/400ml + Pretratamiento	22,10 ^E	226,000 ^B	7,945 ^{AB}	6,855 ^C
A0b1: 5 ml/400ml + Postratamiento	20,25 ^D	234,050 ^D	8,550 ^C	7,225 ^D
A1b0: 10 ml/400ml + Pretratamiento	22,10 ^E	225,200 ^A	7,930 ^A	6,580 ^B
A1b1: 10 ml/400ml + Postratamiento	5,52 ^A	269,100 ^G	9,065 ^E	7,270 ^E
A2b0: 12,5 ml/400ml + Pretratamiento	22,10 ^E	225,750 ^B	7,930 ^A	6,575 ^B
A2b1: 12,5 ml/400ml + Postratamiento	9,13 ^B	265,350 ^F	9,125 ^F	7,385 ^G
A3b0: 15 ml/400ml + Pretratamiento	22,10 ^E	226,800 ^C	7,955 ^B	6,520 ^A
A3b1: 15 ml/400ml + Postratamiento	15,2 ^C	240,350 ^E	8,750 ^D	7,350 ^F

Figura 8. Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos (Factor A: Dosis de floculantes)





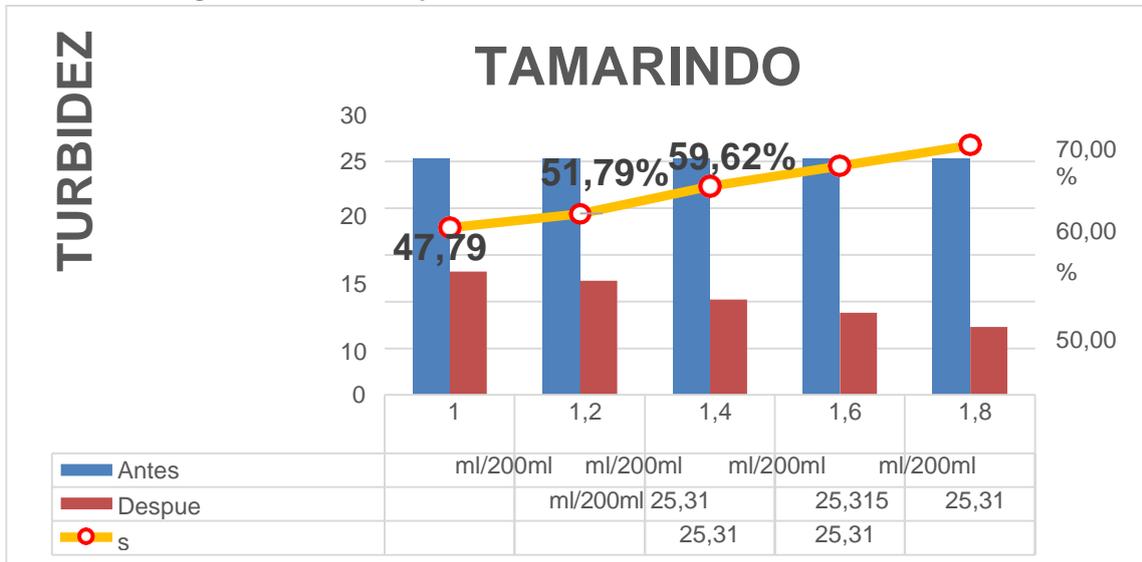
La figura 8 muestra los valores de Tukey ($p < 0,05$) resumidos de las variables evaluadas.

Se muestra que para la variable Turbidez se presentó el mayor valor en (a1b0: 10 ml/400ml + Pretratamiento con un valor de 22,10 NTU) mientras que el valor más bajo en (a1b1: 10 ml/400ml + Postratamiento); para la variable de conductividad eléctrica se pudo observar un valor más alto en (a1b1: 10 ml/400ml + Postratamiento 269,100 Us/cm) sucediendo lo contrario en (a1b0: 10 ml/400ml + Pretratamiento con un valor de 225,050 Us/cm) siendo este el valor más bajo; en lo que respecta al oxígeno disuelto se presentó el mayor valor en (a2b1: 12,5 ml/400ml + Postratamiento con un valor de 9,125 mg/L) mientras que el valor más bajo se presentó en (a0b0: 5 ml/400ml + Pretratamiento con un valor de 7,945 mg/L y a1b0: 10 ml/400ml + Pretratamiento con un valor de 7,945 mg/L) y por último para la variable pH el valor mayor se pudo observar en (a2b1: 12,5 ml/400ml + Postratamiento con un valor de 7,385) mientras que el valor más bajo se presentó en (a3b0: 15 ml/400ml + Pretratamiento un valor de 6,520).

4.1.2.5 *Remoción de turbidez al aplicar tamarindo indica en el proceso de coagulación-floculación.*

Los porcentajes de remoción se presentan en la Figura 9

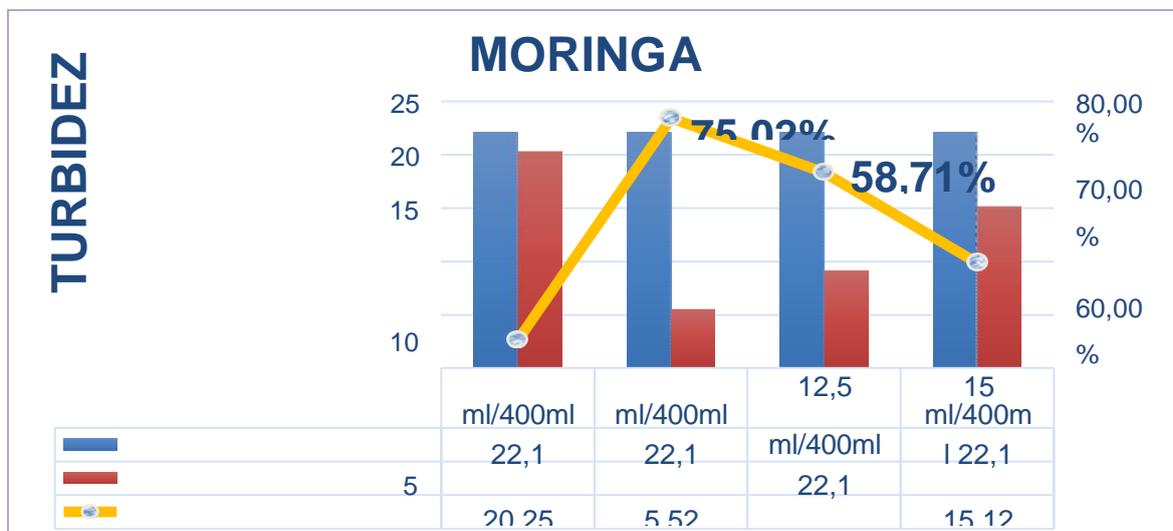
Figura 9. Porcentajes de remoción de turbidez con tamarindo



4.1.2.6 *Remoción de turbidez al aplicar Moringa oleífera indica en el proceso de coagulación-floculación.*

Los porcentajes de remoción se presentan en la Figura 10.

Figura 10. Porcentajes de remoción de turbidez con moringa



4.1.3 Viabilidad técnica, económica y ambiental del uso de coagulantes.

4.1.3.1 Viabilidad técnica

Comparando el uso de coagulantes naturales frente a productos químicos (coagulantes) en cuanto al análisis costo beneficio A escala de laboratorio contando con los instrumentos bien calibrados con el respectivo procedimiento, el uso del coagulante moringa oleífera en agua limpia estimando 10 g/0,5 l de agua obtuvo un 75,02 % de remoción de turbidez, de esta manera presentando el mejor porcentaje frente al tamarindus indica en agua destilada, 71,30% remoción turbidez (1,8 ml/200 ml).

4.1.3.2 Viabilidad económica

Considerando los caudales del residual líquido, se necesita la cantidad requerida en la tabla 22 para constituir coagulantes orgánicos, tomando en cuenta que se consigue en el mercado un Kg de semilla de moringa en \$10. Considerando que se necesitan 17 kg de semilla para tratar 136 m³ de agua residual serían 170 USD por semana. Para el caso de tamarindo, se emplearía 15 kg considerando 3USD x Kg sería 45USD por semana.

A continuación, se muestra en la Tabla 22 los costos de proceso:

Tabla 22. Costos de proceso floculantes /mes

	Costos	
	Moringa	Tamarind
Tiempo preparación (días)	2-3	7-10
Cantidad (Kg)	68	62
Materia prima (USD)	680	180

4.1.3.3 Viabilidad ambiental

Desde el punto de vista ambiental, este tipo de material es inocuo para la vida acuática, evitando bioacumulación, por consiguiente, siendo inofensivo en el último eslabón de la cadena alimenticia, el ser humano. La utilización de estos tratamientos alternativos favorecería la remediación de daño ambiental (degradación, mala operación, multas, cierres), aumentaría la producción (ventas), también como el aumento de eficiencia de insumos agua, energía por medio de indicadores.

4.2 DISCUSIÓN

En lo que respecta a la variable (Turbiedad) según la NTE INEN 1108 la cual establece que para agua potable debe tener un máximo de 5 NTU se puede determinar, que el tratamiento con el cual se obtuvo el valor más cercano, según la normativa, fue el correspondiente al obtenido a partir de la materia prima moringa, siendo a1:10 ml/400ml con un valor de 13,81 NTU.

Para la variable conductividad eléctrica según lo reportado por el Registro Oficial - N° 387 del Ministerio del ambiente del Ecuador la conductividad eléctrica para el agua de consumo registra un valor de 200 uS/cm, para lo cual se pudo determinar que el tratamiento con el resultado más acorde a lo establecido se obtuvo en a0: 5 ml/400ml la cual fue una dosis obtenida a partir de la moringa.

En lo que concierne al oxígeno disuelto se observó que en la NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA, PARA LA PRESERVACION DE VIDA ACUATICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES el

oxígeno disuelto % de saturación > 80 por lo tanto observando los resultados obtenidos se pudo determinar que al usar como materia prima la moringa se presentaron los mejores resultados que van en un rango de $8,248 \text{ mg/L} - 8,528 \text{ mg/L}$ al utilizar cualquier dosis de este floculante, mientras que al usar como materia prima el tamarindo los resultados se encuentran por debajo a lo establecido en la norma estando en un rango de $4,308 \text{ mg/L} - 5,487 \text{ mg/L}$.

En cuanto a la variable pH según el Registro Oficial - N° 387 del Ministerio del ambiente del Ecuador el pH del agua para consumo humano se encuentra en un rango de $6 - 9$ siendo este el límite mínimo y máximo permisible para dicha agua, por lo cual se pudo determinar que los con al aplicar tanto como materia prima el tamarindo o la moringa se mantiene en pH considerable de $6 - 7,5$ demostrándose así que no sufre alteraciones en el potencial de hidrógeno al aplicar como floculante las diferentes dosis de las 2 materias primas.

En cuanto a la variable turbidez según NTE INEN 1108 que estipula que la turbidez del agua para consumo humano debe tener un máximo de 5 NTU , se determina que el tratamiento con el que se obtuvo el valor más cercano de acuerdo con la normativa fue el obtenido de la materia prima de tamarindo siendo b0: Pretratamiento (antes de aplicar) con un valor de $10,33 \text{ NTU}$.

Para la conductividad eléctrica según lo reportado por el Registro Oficial - No 387 del Ministerio de Medio Ambiente del Ecuador, la conductividad eléctrica para el agua potable registró un valor de 200 uS/cm , para lo cual se pudo determinar que el tratamiento

con el resultado más acorde a lo establecido se presenta al usar como materia prima la moringa en b0: Pretratamiento con un valor de 225,983 uS/cm.

En lo que concierne al oxígeno disuelto se observó que en la NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA, el oxígeno disuelto en el agua para consumo humano no debe ser menor de 6 mg/L, por lo tanto observando los resultados obtenidos se pudo determinar que al usar como materia prima la moringa se presentaron los mejores resultados siendo estos de 7,940 mg/L para b0: pretratamiento y 8,873 mg/L para b1: postratamiento , mientras que al usar como materia prima la tamarindo se obtuvo un resultado de acorde a la norma en b1: postratamiento con 7,078 quedando descartado el de b0: pretratamiento con 2,467 mg/L situándose por debajo a lo establecido por la norma.

En cuanto a la variable pH según el Registro Oficial - N° 387 del Ministerio del ambiente del Ecuador el pH del agua para consumo humano se encuentra en un rango de 6 – 9 siendo este el límite mínimo y máximo permisible para dicha agua, por lo cual se pudo determinar que los con al aplicar tanto como materia prima el tamarindo o la moringa se mantiene en pH considerable de 6 – 7,5 demostrándose así que no sufre alteraciones en el potencial de hidrógeno al aplicar como floculante las diferentes dosis de las 2 materias primas.

En cuanto a la variable turbidez según NTE INEN 1108 que estipula que la turbidez del agua para agua potable debe tener un máximo de 5 NTU, se puede determinar que el tratamiento con el que se obtuvo el valor más cercano de acuerdo con la normativa fue el

obtenido de la materia prima de moringa siendo a1b1: 10 ml/400ml + postratamiento con un valor de 5,52 NTU.

Para la conductividad eléctrica según lo reportado por el Registro Oficial - No 387 del Ministerio de Medio Ambiente del Ecuador, la conductividad eléctrica para el agua potable registró un valor de 200 uS/cm, para lo cual se pudo determinar que el tratamiento con el resultado más acorde a lo establecido se presenta al usar como materia prima moringa en a1b0: 10ml/400ml + Pretratamiento con un valor de 225,200 uS/cm.

En lo que concierne al oxígeno disuelto se observó que en la NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA, el oxígeno disuelto en el agua para consumo humano no debe ser menor de 6 mg/L, por lo tanto observando los resultados obtenidos se pudo determinar que al usar como materia prima la moringa la concentración de oxígeno disuelto es más elevada lo cual es de beneficio, en lo que consiste a la materia prima tamarindo todos los tratamientos presentan concentraciones de oxígeno disuelto por encima de lo establecido a excepción de los tratamiento a0b0:1ml/200ml + Pretratamiento 2,475 mg/L; a1b0:1,2 ml/200ml + Pretratamiento 2,450 mg/L; a2b0:1,4 ml/200ml + Pretratamiento 2,480 mg/L; a3b0:1,6 ml/200ml + Pretratamiento 2,475 mg/L y a4b0:1,8 ml/200ml + Pretratamiento 2,455 ml/200m, siendo estos valores menores a lo establecido por la normativa.

En cuanto a la variable pH según el Registro Oficial - N° 387 del Ministerio del ambiente del Ecuador el pH del agua para consumo humano se encuentra en un rango de 6 – 9 siendo este el límite mínimo y máximo permisible para dicha agua, por lo cual se pudo

determinar que los con al aplicar tanto como materia prima el tamarindo o la moringa se mantiene en pH considerable de 6 – 7,4 demostrándose así que no sufre alteraciones en el potencial de hidrógeno al aplicar como floculante las diferentes dosis de las 2 materias primas.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

“Miles de personas han
sobrevivido sin amor,
ninguna sin agua”

W.H. Auden

5.1 CONCLUSIONES

El consumo del agua utilizada para el proceso de lavado de la fruta se da en función del caudal del residual líquido calculado es decir caudal de salida es igual a caudal de entrada (136 m³ apróx. /semana). Por su parte, las concentraciones de particulado en suspensión como de materia orgánica en el residual líquido muestran considerables niveles que infieren en la calidad del agua.

Teniendo en cuenta que el uso de los coagulantes naturales es una alternativa innovadora para el tratamiento de aguas crudas y residuales que aún no ha sido explotada, por medio de esta investigación se pudo concluir que en cuanto a la turbidez del agua se pudo observar una mejor remoción de turbidez del agua se da en el tratamiento a1b1: 10 ml/400ml + postratamiento obtenido a base de la materia prima moringa con un valor dentro de normativa de 5,52 NTU, se debe tener en consideración que la turbidez del agua inicial fue de 22,1 NTU al aplicar este tratamiento se obtuvo un porcentaje de remoción del 75,02% siendo bastante eficiente su uso.

La conductividad eléctrica es generalmente la cantidad de solidos disueltos en el agua principalmente de sales minerales que en muchas ocasiones son de mayor beneficio para el consumo humano y riego de plantas, según la investigación se pudo determinar que al aplicar el tratamiento a base de moringa a1b0: 10ml/400ml + Pretratamiento con un valor de 225,200 uS/cm siendo este el más cercano a lo establecido por la normativa.

El oxígeno disuelto es la cantidad de oxígeno que se encuentra disuelta en el agua mediante los resultados obtenidos se puede concluir que las mejores concentraciones de

oxígeno disuelto en el agua se obtienen al aplicar el tratamiento a base de moringa a2b1: 12,5 ml/400ml + Postratamiento con un valor de 9,125 mg/L.

En cuanto al pH (potencial de hidrógeno) se puede concluir que en la presente investigación el pH al utilizar cualquiera de las 2 materias primas en cualquier concentración el pH es estable y se mantiene dentro de lo establecido por la normativa 6 – 9. Para mejor remoción de turbidez se podría contar con extractores tipo Soxhlet, para la extracción de aceite contenido en las semillas.

El uso de la metodología en estudio es recomendable para el tratamiento de aguas residuales de banano en la bananera Esmeralda, de esta manera se aplicaría una solución a la problemática ambiental de aguas residuales sin un previo tratamiento, con el fin de sus descargas no afecten cuerpos de agua naturales.

5.2 RECOMENDACIONES

Para poder obtener un porcentaje más alto de remoción de turbidez se recomienda utilizar como coagulante de origen natural la moringa con una dosis de 10 ml/400ml lo cual se pudo observar un porcentaje de remoción bastante elevado siendo este de 75,02% lo cual es de gran beneficio debido a que es un producto natural y evita así el uso de productos químicos que en muchas ocasiones alteran la calidad del agua.

La conductividad eléctrica es un indicador importante en la calidad del agua debido a que esta representa los sólidos disueltos en el agua así como los minerales presentes en la

misma, los cuales sirven para el correcto enriquecimiento del agua en el hábitat que se encuentra por lo tanto se recomienda usar el coagulante elaborado a base de moringa en una dosis de 10 ml/ 400ml el mismo que resultó un valor de 225,200 uS/cm lo cual es importante para mantener la conductividad del agua en un valor cercano al establecido por la normativa.

El oxígeno disuelto en el agua es un indicador totalmente importante en la calidad del agua este indica que tan contaminada puede estar el agua, generalmente un nivel más alto de oxígeno disuelto indica una agua de mejor calidad y si este se encuentra en niveles muy bajos diferentes organismos no pueden sobrevivir a ellos, por lo cual el mejor tratamiento a usar para poder obtener mayores niveles de oxígeno disuelto en el agua se basa en el uso de coagulante a base de moringa con una dosis de 12,5 ml/400ml el cual da un valor de 9,125 mg/L.

El pH (potencial de hidrógeno) es un factor muy importante a considerar en la calidad del agua, en muchas ocasiones se aplican sustancias químicas para regular y mantener en rangos normales los cuales deben estar de 6 – 9 pero gracias al uso de los coagulantes naturales aplicados en esta investigación no es necesario el uso de dichos químicos ya que al aplicar cualquiera de los dos coagulante el pH se mantiene en un rango de 6 – 9 por lo tanto en condiciones de pH se recomienda utilizar cualquiera de las dos materias primas.

CAPÍTULO VI.

BIBLIOGRAFÍA

“El agua y la tierra, los dos fluidos esenciales de los que depende la vida, se han convertido en latas globales de basura”

Jacques Cousteau

6.1 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ambiente, M. d. (2015). Registro Oficial del Ministerio del Ambiente N° 387. Quito.

American Water Works Association. (2012). Manual de entrenamiento para operadores de sistemas de distribución de agua (Primera ed.). Estados Unidos de América: American Water Works Association.

Arnau, A. (2012). El secreto del agua: La novela sobre el agua y el cambio climático (Segunda ed.). Madrid-España: Díaz de Santos. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-02682006000100006&script=sci_arttext

Asrafuzzaman, M., Fakhruddin, A., & Alamgir, H. (2011). Reduction of Turbidity of Water Using Locally Available Natural Coagulants. *Journal International Scholarly Research Network*, 1-6.

BBVA. (2012). Enseñar y aprender en época de cambios. Madrid-España: Editorial biblioteca nueva.

Carrasquero, S., Montiel, S., Faría, E., Parra, P., Marín, J., & Díaz, A. (2017). Efectividad de coagulantes obtenidos de residuos de papa (*Sonalum tuberosum*) y plátano (*Musa paradisiaca*) en la clarificación de aguas. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 13(2), 90-99.

Contreras, K., Mendoza, Y., Salcedo, G., Olivero, R., & Mendoza, G. (2015). El Nopal

(Opuntia ficus-indica) como coagulante natural complementario en la clarificación de agua*. Revista Producción + Limpia, 10(1), 40-50.

Domínguez, J., Martín, C., Chao, Y., Delgado, G., & Rodríguez, D. (2012). Estudio de aguas continentales mediante teledetección (Primera ed.). Madrid-España : UNED.

Ecuador, R. d. (2006). NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA. Quito.

Fernández, M. (2015). Calidad de agua de consumo humano en el proceso de captación, tratamiento, distribución y consumo en la parroquia Venus. Quevedo.

Folgueras, J. (2011). IMFBE Proceeding. IV Latin American Congress on Biomedical Engineering. La Habana-Cuba: Springer.

Gurdián, R., & Coto, J. (2011). Estudio preliminar del uso de la semilla de tamarindo (Tamarindus indica) en la coagulación-floculación de aguas residuales. Revista Tecnología en Marcha, 18-26.

Guzmán, L., Villabona, Á., Tejada, C., & García, R. (2013). Reducción de la turbidez del agua usando coagulantes naturales: Una revisión. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 253 - 262.

López, J., Fornés, J., Ramos, G., & Villarroya, F. (2009). Instituto Geológico y Minero de España. Obtenido de Las aguas subterráneas:
http://www.fundacionbotin.org/89dguuytdfr276ed_uploads/Observatorio%20Tendencia

s/FORMACION/educacion%20ambiental.pdf

Lozano, W. A. (2013). Calidad fisicoquímica del agua.: Métodos simplificados para su muestreo y análisis. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia.

Manzaba, W. (2014). CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO HUMANO EN EL PROCESO DE CAPTACIÓN, TRATAMIENTO, DISTRIBUCIÓN Y CONSUMO. QUEVEDO.

Navas, E. (2017). Calidad de Aguas: Usos y Aprovechamiento. Málaga: Interconsulting Bureau S.L.

Normalización, I. E. (2014). NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1108. Quito.

Patil, C., & Hugar, M. (2015). Treatment of dairy wastewater by natural coagulants. Journal International Research Journal of Engineering and Technology, 1120-1125.

Pérez, A., Sánchez, T., Armengol, N., & Reyes, F. (2010). Características y potencialidades de Moringa oleifera, Lamark. Una alternativa para la alimentación animal. Revista Pastos y Forrajes, 33(4), -16.

Ramírez, H., & Jaramillo, J. (2015). Agentes naturales como alternativa para el tratamiento del agua. Revista de La Universidad Militar Nueva Granada, 11(2), 136-153.

Ramírez, H.; Jaramillo, J. (2014). Uso potencial de agentes clarificantes y desinfectantes

de origen natural para el tratamiento integral del agua caracterizado por pisos térmicos. *Revista Ingeniería Ambiental*, 139-151.

Sandoval, M., & Laines, J. (2013). Moringa oleifera una alternativa para sustituir coagulantes metálicos en el tratamiento de aguas superficiales. *Revista Ingeniería*, 17(2), 93-101.

Solís, R., Laines, J., & Hernández, J. (2012). Mezclas con potencial coagulante para clarificar aguas superficiales. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 28(3), 229-236.

Villabona, Á., Paz, I., & Martínez, J. (julio de 2013). Caracterización de la *Opuntia ficus-indica* para su uso como coagulante natural. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 15(1), 137-144.

Viveros, J., Figueroa, K., Gallardo, F., García, E., Ruiz, O., & Hernández, F. (2012). Sistemas de manejo y comercialización de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) en tres municipios de Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1217-1230.

Zerbatto, M. (2012). Coagulación optimizada en el tratamiento de potabilización de agua: Su efecto sobre la remoción de enteroparásitos. Santa Fe: Universidad Nacional del Litoral.

CAPÍTULO VII.

ANEXOS

“La bebida más peligrosa es el agua, te mata si no la bebes”

El Perich

7.1 ANEXOS DE LA INVESTIGACIÓN

7.1.1 CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO



Quevedo, 20 de octubre del 2020

Econ. Carlos Zambrano.

DIRECTOR DE LA MAESTRÍA DE GESTIÓN AMBIENTAL

Mediante el presente cumpla en presentar a usted, el informe de proyecto de investigación cuyo tema es titulado **“COAGULANTES NATURALES Y SU EFICIENCIA EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL DE LA EMPACADORA DE BANANO ESMERALDA DEL CANTÓN MOCACHE, AÑO 2020”**, presentado el estudiante **José Javier Mendoza Moreira**, egresado de la maestría de Gestión Ambiental, que fue revisado bajo mi dirección según resolución del Consejo Académico de Unidad de Posgrado que ha desarrollado de acuerdo al Reglamento de la Unidad de Titulación Especial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis de URKUND el cual avala los niveles de originalidad en un 93 % y similitud 7%, del trabajo investigativo.

Valido este documento para que la estudiante siga con los trámites pertinentes, de acuerdo a lo que establece el Reglamento.

URKUND	
Document	TESIS Master COAGULANTES , Ing. Mendoza(1).docx (D82198811)
Submitted	2020-10-20 07:27 (-05:00)
Submitted by	Juan Alejandro Neira Mosquera (neiramosquera@uteq.edu.ec)
Receiver	neiramosquera.uteq@analysis.urkund.com
	7% of this approx. 34 pages long document consists of text present in 13 sources.

Por su atención deseo significar mis agradecimientos.

Cordialmente,



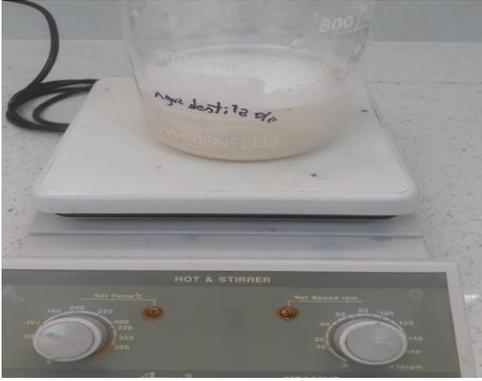
Firmado electrónicamente por:

**JUAN ALEJANDRO
NEIRA MOSQUERA**

PhD. Juan Alejandro Neira Mosquera

DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

7.1.2 FOTORAFÍAS DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN

<p>Semilla de moringa</p>	<p>Pesado de semilla</p>
	
<p>Secado de materia prima</p>	<p>Sustancia madre - tamarindo</p>
	
<p>Sustancia madre - moringa</p>	<p>Muestras a tratar</p>
	

Agua post-tratamiento



Sitio de empacadora

