

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA, LEÓN**  
**UNAN-LEON**  
**ESCUELA DE CIENCIAS AGRARIAS Y VETERINARIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ACUÍCOLA**  
**CARRERA DE INGENIERIA ACUÍCOLA**



**Monografía de tesis para optar al grado de Ingeniero Acuícola.**

Implementación de semilla de marango (*Moringa oleífera*) como floculante natural para el tratamiento de agua residual proveniente del cultivo de tilapia de la Estación Experimental Acuícola.

**Autores:**

Br. Carlos Daniel Avelares Juárez.

Br. Erling Antonio López Mendoza

León, 2020

“A LA LIBERTAD POR LA UNIVERSIDAD”

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA, LEÓN**  
**UNAN-LEON**  
**ESCUELA DE CIENCIAS AGRARIAS Y VETERINARIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ACUÍCOLA**  
**CARRERA DE INGENIERIA ACUÍCOLA**



**Monografía de tesis para optar al grado de Ingeniero Acuícola.**

Implementación de semilla de marango (*Moringa oleífera*) como floculante natural para el tratamiento de agua residual proveniente del cultivo de tilapia de la Estación Experimental Acuícola.

**Autores:**

Br. Carlos Daniel Avelares Juárez.

Br. Erling Antonio López Mendoza

**Tutor:**

Lic. Grettel Hernández

**Asesor:**

MSc. Katherinne Osorio

León, 2020

“A LA LIBERTAD POR LA UNIVERSIDAD”

## **Agradecimiento**

Primeramente, a Dios por darme el privilegio de la vida, el don de la sabiduría y el entendimiento, por permitirme alcanzar esta meta, concluir con mi trabajo investigativo.

A mi madre y demás familiares, que estuvieron alentándome, guiándome y ayudándome a seguir adelante. A ellos, quienes son las piezas claves en mi formación personal, para ser lo que hoy soy.

A mi tutora, Lic. Grettel Hernández por confiar en mí, por brindarme parte de su tiempo, aconsejarme, darme ánimo y transmitir sus conocimientos en el presente trabajo investigativo. De igual forma a mi asesora, MSc. Katherine Osorio por regalarme parte de su tiempo y conocimientos, a ellas por tenerme paciencia a lo largo de este tiempo.

A la universidad UNAN-León, por facilitar la instalación del laboratorio Ojoche, proporcionar los útiles químicos e instrumentos, hacer posible los ensayos de esta investigación. A la MSc. Karen Palacios, encargada del laboratorio Ojoche, por su amabilidad, tiempo, ayuda y orientación con el proceso y los instrumentos utilizados en el ensayo.

A mis amigos y compañeros que estuvieron en el transcurso de la carrera, con los que compartí momentos y experiencias inolvidables.

¡Gracias a todos ellos!

**Br. Carlos Daniel Avelares Juárez.**

## **Agradecimiento**

A mi familia en especial a mi madre Wuendy Elisa Mendoza Corea que con su amor, dedicación, esfuerzo y apoyo ha sido la principal fuente de inspiración para poder cumplir mis metas y objetivos en mi vida, y hermanos que siempre me han dado fortaleza.

A los docentes de la carrera de ingeniería acuícola de la UNAN-León principalmente a nuestra tutora. Lic. Grettel Marisol Hernández Fernández por brindarnos sus conocimientos, orientación su valiosa guía, asesoramiento, y paciencia para la culminación de esta tesis y por consiguiente de mis estudios profesionales dentro de esta alma mater.

A mis amistades que forje a lo largo de la carrera especialmente a aquellos que eran más cercanos a mi sobre todo a mis compañeros de tesis.

.....  
**Br. Erling Antonio López Mendoza**

## Dedicatoria

Le dedico este trabajo de investigación:

Primeramente, a **Dios**, por tantas bendiciones a lo largo de este tiempo, darme el don de la sabiduría y adquirir los conocimientos necesarios para mi formación.

A mi madre:

**Francisca Juárez Ríos** por ser la persona que confió siempre en mí, por ser esa persona que me apoyo con mis estudios, me brindo lo necesario para salir adelante y hoy en día cumplir el sueño de ser un profesional.

A mis abuelos:

**Reyna Miriam Ríos, Carlos Julián Juárez y María Elsa Benavides de Avelares;** quienes han sido mis pilares fundamentales, mis consejeros y mis ejemplos a seguir, a ellos quienes me han formado como persona.

A mis demás familiares y amigos.

**Br. Carlos Daniel Avelares Juárez.**

## Dedicatoria

Dedico mi trabajo de tesis:

A mi familia en especial a mi madre **Wuendy Elisa Mendoza Corea** la cual con su esfuerzo, apoyo, dedicación incondicional, que junto a los valores, principios que me ha inculcado durante todo este tiempo han sido la base para mis logros.

Y dedico esta investigación a mis hermanos **Jonathan Josué Lara Mendoza, Hector Amilcar Lara Mendoza** quienes han estado a mi lado durante mi formación y me ayudado a ser una mejor persona responsable además ser fuente de inspiración cada día como motor de impulso.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momento. Gracias a su apoyo, y conocimientos hicieron de esta experiencia una de las más especiales.

.....  
**Br. Erling Antonio López Mendoza**

## **Financiamiento**

El presente trabajo monográfico ha sido realizado con el apoyo del Laboratorio de Fisiología Animal, Departamento de Biología, Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.

Los análisis de laboratorio de esta monografía han sido desarrollados gracias al apoyo del proyecto denominado "Fortalecimiento de capacidades para la cría y engorde en jaulas flotantes de pargo (*Lutjanus spp*) en 8 comunidades costeras de Nicaragua".

## **Certificación.**

Grettel Marisol Hernández Fernández, Docente Adjunto del Departamento de Acuícola, Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinaria de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua- León, (UNAN-León),

CERTIFICA:

Que la presente memoria titulada “Implementación de semilla de marango (*Moringa oleífera*) como floculante natural para el tratamiento de agua residual proveniente del cultivo de tilapia de la Estación Experimental Acuícola” presentada por Br. Carlos Daniel Avelares Juárez y Br. Erling Antonio López Mendoza, para optar al grado de Ingeniero acuícola por la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León, ha sido realizada bajo mi dirección y que hallándose concluida autorizo su presentación para que pueda ser juzgada por el tribunal correspondiente.

Y para que así conste y surta los efectos oportunos, firmo el presente en León, a los 25 días del mes de septiembre del 2020.

---

Lic. Grettel Marisol Hernández Fernández  
Docente Departamento de Acuícola  
ECAV  
UNAN-León

## Resumen

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto del polvo de semilla de marango como floculante natural en agua residual proveniente de cultivo de tilapia. Para ello se cosecharon las vainas y se extrajeron las semillas de manera manual, posteriormente estas fueron peladas y puestas al sol, luego fueron maceradas hasta obtener una harina ligeramente fina. La muestra de agua fue colectada del canal de la estación experimental acuícola, tomando insitu turbidez, pH y temperatura. Los tratamientos consistieron en diferentes concentraciones de polvo de semilla de moringa de 2 g/500 mL, 4 g/500 mL y 6 g/500 mL de agua de muestra. Se utilizaron planchas agitadoras con el fin de mezclar el floculante con el agua residual y de acelerar el proceso de coagulación y floculación, se agitó la mezcla a 130 revoluciones/minuto (RPM) a temperatura ambiente, durante 15 minutos, posteriormente pasando un periodo de 45 minutos de reposo, se fue observando la clarificación de cada uno, para luego ser filtradas y determinar su valor de pH, concentración de nitrato, fosfato y amonio. Obteniéndose como resultado, que la concentración optima de polvo de semilla de moringa para garantizar la clarificación del agua residual fue el tratamiento uno (2gr/500ml) que clarifico en menor tiempo (30min) y con mejor efectividad en periodo requerido de 45 minutos. La muestra de agua tratada con las diferentes concentraciones de polvo de semilla de marango presentaron temperaturas de 28°C y pH de 8.11, por otra parte, se observa que las concentraciones de nitrato y fosfato pasado el tiempo de aplicación del floculante, a mayor cantidad de polvo de semilla mayor valor de concentración de ambos nutrientes con relación a la muestra.

# Índice

Agradecimiento .....	i
Dedicatoria .....	iii
Financiamiento .....	v
Certificación.....	vi
Resumen.....	vii
<b>I. Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>II. Objetivos.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. Generales:.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2. Específicos: .....</b>	<b>3</b>
<b>III. Marco Teórico .....</b>	<b>4</b>
<b>3.1. Generalidades sobre el cultivo de Tilapia. ....</b>	<b>4</b>
<b>3.1.1. Parámetros óptimos para la tilapia.....</b>	<b>4</b>
<b>3.2. Tratamiento de aguas residuales .....</b>	<b>5</b>
<b>3.2.1. Los parámetros físico-químicos y biológicos en el agua residual son: 6</b>	
<b>3.2.2. Tratamiento preliminar o pre-tratamiento.....</b>	<b>6</b>
<b>3.2.3. Tratamiento Primario.....</b>	<b>6</b>
<b>3.2.4. Tratamiento Secundario .....</b>	<b>7</b>
<b>3.2.5. Tratamiento terciario .....</b>	<b>7</b>
<b>3.3. Parámetros físico-químicos de monitoreo .....</b>	<b>8</b>
<b>3.3.1. Físicos .....</b>	<b>8</b>
<b>3.3.2. Caracteres organolépticos .....</b>	<b>9</b>
<b>3.3.3. Químicos .....</b>	<b>10</b>
<b>3.4. Proceso de coagulación .....</b>	<b>13</b>
<b>3.5. Generalidades del marango .....</b>	<b>13</b>
<b>3.5.1. Clasificación Taxonómica.....</b>	<b>14</b>
<b>3.5.2. Aportes nutricionales .....</b>	<b>14</b>
<b>3.5.3. Propiedades bacterianas .....</b>	<b>15</b>
<b>3.5.4. Uso como floculante.....</b>	<b>16</b>
<b>IV. Materiales y métodos.....</b>	<b>18</b>
<b>4.1. Tipo de estudio.....</b>	<b>18</b>
<b>4.2. Metodología .....</b>	<b>18</b>

4.2.1. Preparación del polvo de semilla <i>moringa oleifera</i> .....	18
4.2.2. Toma de muestra de agua.....	18
4.2.3. Aplicación de floculante.....	19
4.3. Procedimientos de recolección de datos .....	19
4.3.1. Determinación de Nitratos en aguas residuales .....	20
4.3.2. Determinación de Amonio en aguas residuales.....	20
4.3.3. Determinación de Ortofosfatos en aguas residuales.....	20
4.4. Plan de análisis.....	20
<b>V. Resultados y discusiones .....</b>	<b>21</b>
5.1. Caracterización inicial del agua residual procedente del cultivo de tilapia. ....	21
5.2. Tiempo de clarificación del agua residual.....	21
5.3 pH y Temperatura .....	22
5.4 Eliminación de nutrientes.....	23
5.4.1 Nitrato.....	24
5.4.2 Fosfato .....	25
<b>VI. Conclusiones .....</b>	<b>27</b>
<b>VII. Recomendaciones.....</b>	<b>28</b>
<b>VIII. Bibliografía.....</b>	<b>29</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>33</b>

### Lista de tablas

Tabla 1. Indicadores de parámetros de la tilapia .....	4
Tabla 2. Parámetros en agua residual.....	6
Tabla 3. Taxonomía de moringa oleífera.....	14
Tabla 4. Caracterización del agua residual .....	21

### Lista de figuras

Figura 1. Clarificación de los diferentes tratamientos durante el periodo de reposo del agua residual (T1: 2gr/500MI, T2: 4gr/500MI, T3: 6gr/500ml). ....	29
Figura 2. Concentración de nitrato con aplicación de diferentes concentraciones de polvo de semilla de marango. ....	30
Figura 3. Concentración de fosfato con aplicación de las diferentes concentraciones de polvo de semilla de marango. ....	31

## I. Introducción

La piscicultura es una actividad que viene creciendo en Nicaragua como parte del fortalecimiento de capacidades para el cultivo de peces en estanques, se han capacitado a nivel artesanal a personas de diferentes zonas del país en manejo, reproducción, alimentación, así como en la construcción de estanques en agua dulce.

Durante el proceso de levante y engorde de tilapia se producen efluentes aparentemente diluidos; sin embargo, aportan contaminación por nutrientes (fósforo y nitrógeno), sólidos, materia orgánica y patógenos a los cuerpos receptores. Tales efluentes no son aptos para su reutilización en piscicultura, ni para vertimiento directo a cuerpos receptores, razón por la cual es necesario el tratamiento de los mismos.

En años recientes ha existido un aumento en el interés por coagulantes naturales alternativos, como el que se puede extraer de las semillas de *Moringa oleífera*, pues el uso de productos de origen natural es seguro y barato, reduciendo el impacto ambiental negativo dejado por compuestos como el sulfato de aluminio. (Rondón Macías, 2017)

La piscicultura demanda una gran cantidad de agua la cual al momento de desarrollar recambios por exceso de materia orgánica es desechada y no se aprovecha, por ende, una posible solución para reutilizar el agua son las semillas de *Moringa oleífera*, conocidas entre otras cosas por su actividad floculante, permitiendo un tratamiento seguro y de bajo costo que pueden garantizar el aclaramiento y aumento de nutrientes en el agua que pueden aportarse por medio de riego a las plantas y a suelos pobres.

La semilla del marango es un agente sumamente potente en la floculación y coagulación de partículas coloidales suspendidas y se emplea en la purificación y depuración de aguas turbias (residual) y fluviales, por su alta capacidad de aglomerar las partículas en suspensión, además de que no es tóxica, no afecta el

pH, ni la conductividad del agua, y el lodo producido por la coagulación es inocuo y poco voluminoso. (Hernández, Niguelie, Gómez, & González, 2016).

Tratar el agua residual contribuye en la conservación de los ríos, mares y todo el medio ambiente en general, reduciendo los niveles de contaminación. El tratamiento de aguas residuales es primordial para conservar el medio en el que vivimos.

El objetivo de esta investigación es evaluar el efecto del polvo de *semilla de moringa* como floculante natural en agua residual proveniente de cultivo de tilapia de la Estación Experimental Acuícola, la cual contiene materia orgánica rica en nutrientes y no posee utilización alguna. El agua ya tratada con moringa podría dar un aporte a través del riego a los suelos pobres, como también a las plantas que carecen de nutrientes. Es por ello que con esta investigación se pretende brindar alternativas para la reutilización y no desperdicio de agua, constituyendo a una opción económicamente atractiva.

## I. Objetivos

### 1.1. Generales:

Evaluar el efecto del polvo de semilla de moringa como floculante natural en agua residual proveniente de cultivo de tilapia.

### 1.2. Específicos:

- Determinar las características físico-químicas (pH, turbidez, nitrato, fosfato y amonio) del agua residual proveniente del cultivo de tilapia en la estación experimental acuícola.
- Establecer la concentración óptima de moringa para garantizar la clarificación del agua residual.
- Comprobar la efectividad del tratamiento mediante análisis de nutrientes de las aguas tratadas con polvo de semilla de moringa a diferentes concentraciones.

## II. Marco Teórico

### 2.1. Generalidades sobre el cultivo de Tilapia.

La tilapia (*Oreochromis niloticus*), es conocida como tilapia del Nilo, es un pez de cuerpo comprimido y cuya forma recuerda a los típicos peces de los acuarios. El color de su cuerpo es marrón verdoso y posee una amplia aleta dorsal y una aleta caudal con una serie de bandas concéntricas muy características. En la época reproductiva sus aletas se vuelven de color rojizo (Saavedra, 2006)

El cultivo de tilapia es una actividad común en áreas tropicales y subtropicales que ha ayudado al desarrollo de muchos países. Requiere una amplia gama de insumos tales como subproductos agropecuarios (salvado, tortas de aceite, vegetación y abonos), fertilizantes inorgánicos y alimentos, esto quiere decir que al hacer recambios de agua, se estima que el agua desechada lleva una gran cantidad de nutrientes (FAO, 2005)

Entre otros aspectos resaltantes del pez tilapia como género, se puede decir que estas especies suelen adaptarse de manera positiva al cautiverio, por lo tanto, el cultivo de estas especies no representa un riesgo en la población del pez tilapia, entre otros aspectos resaltantes cabe destacar de la misma forma que según investigaciones las escamas de estas especies poseen alto contenido en colágeno (Vasquez, Santos, Moreno, & Estrada, 2015)

#### 2.1.1. Parámetros óptimos para la tilapia

Tabla 1. Indicadores de parámetros de la tilapia

PARÁMETROS	RANGOS
Temperatura	25.0 - 32.0 °C
Oxígeno Disuelto	5.0 - 9.0 mg/l
Ph	6.0 - 9.0
Alcalinidad Total	50 - 150 mg/l
Dureza Total	80 - 110 mg/l
Calcio	60 - 120 mg/l
Nitritos	0.1 mg/l

PARÁMETROS	RANGOS
Nitratos	1.5 - 2.0 mg/l
Amonio Total	0.1 mg/l
Hierro	0.05 - 0.2 mg/l
Fosfatos	0.15 - 0.2 mg/l
Dióxido de Carbono	5.0 -. 10 mg/l
Sulfuro de Hidrógeno	0.01 mg/l

(Saavedra, 2006)

## 2.2. Tratamiento de aguas residuales

Las aguas residuales son aquellas aguas cuyas características de las misma han sido modificadas por actividades humanas, se les llama también aguas residuales, aguas negras o aguas cloacales, por esta razón la calidad de estas necesita un tratamiento previo antes de ser reutilizadas o vertidas en algún cuerpo receptor, ya que estas aguas contienen sustancias tanto disueltas como en suspensión, ambas pueden ser orgánicas e inorgánicas. (Marsilli, 2005)

El tratamiento de aguas residuales lo podemos clasificar como una serie de procesos físicos, químicos y biológicos, los cuales tienen como fin eliminar los contaminantes presentes en el agua afluente del uso humano. Y se pretende dar el tratamiento para potabilización y reutilización para riego. (Báez & Martínez, 2015)

Según (Marsilli, 2005) El proceso de tratamiento es típicamente referido a un:

- Tratamiento preliminar, destinado a la eliminación de residuos fácilmente separables y en algunos casos un proceso de pre-aireación.
- Tratamiento primario (asentamiento de sólidos y tamizado).
- Tratamiento secundario (tratamiento biológico de la materia orgánica disuelta presente en el agua residual, transformándola en sólidos suspendidos que se eliminan fácilmente por “floculación”).
- Tratamiento terciario (pasos adicionales como lagunas, micro filtración o desinfección para eliminar patógenos y reducir los metales pesados).

### 2.2.1. Los parámetros físico-químicos y biológicos en el agua residual son:

Tabla 2. Parámetros en agua residual

Físicos	Químicos	Biológicos
Turbidez	PH	Bacterias
Temperatura	Fósforo	Virus
Color	Alcalinidad	Hongos
Sabor y olor	Nitrógeno	Algas
	Azufre	Protozoos
	DBO	
	DQO	
	Solidos disueltos	

(Torres)

El sistema de tratamiento de agua se comprende por:

### 2.2.2. Tratamiento preliminar o pre-tratamiento

Consiste en el orden que se debe seguir con respecto al recorrido del agua, en este segmento se considera que es igual al tratamiento primario, ya que también se utilizan los factores físicos, esto tiene como objetivo hacer una separación de sólidos que se van arrastrando en el transcurso o recorrido del agua. Se entiende que es la remoción física de objetos grandes. En las plantas de tratamiento se eliminan los residuos de mayor tamaño, las grasas flotantes, las arenas y los sólidos de mayor grosor. (Galllegos, 2012)

### 2.2.3. Tratamiento Primario

En el tratamiento primario en aguas residuales, el objetivo principal es la reducción máxima de los sólidos en suspensión, es decir, los sólidos sedimentables, flotantes y coloidales. (HIGIA, 2014).

Ellos se comprender como:

- Sólidos sedimentables: son sólidos de mayor densidad por lo que precipitan en el fondo del decantador por acción de la gravedad.
- Sólidos flotantes: durante el tratamiento primario de las aguas residuales presentan menor densidad, por lo que flotan de manera natural cuando el agua residual está en reposo.
- Sólidos coloidales: son muy estables y no se aprecian a simple vista ya que tienen un tamaño entre 0,001 y 10 micras, son responsables de la turbidez del agua residual.

#### **2.2.4. Tratamiento Secundario**

Podemos considerar al tratamiento secundario como el más importante de todo el proceso del tratamiento del agua residual (AR). El funcionamiento de este se basa en la capacidad de los microorganismos para biodegradar la materia orgánica acumulada en los decantadores (soluble y coloidal), y en algunos casos pueden ser fósforo y nitrógeno. En el tratamiento secundario de aguas residuales pueden distinguirse por dos procesos, aerobios y anaerobios. (Galllegos, 2012)

Este paso es conocido como digestión biológica. Se usan lodos activados, filtros biológicos, lechos de secado discos rotativos o filtros de goteo para fomentar el crecimiento de la masa microbiana (Marquez, 2016)

Este proceso degrada la materia orgánica que está en el agua residual, que después se convierten en sólidos suspendidos para hacer más fácil su eliminación. Aquí se eliminan las impurezas que tienen un tamaño menor a los que se logran captar o eliminar mediante un proceso de decantación normal. (ACUATECNICA , 2019)

#### **2.2.5. Tratamiento terciario**

Este tercer proceso es el más completo, ya que su finalidad es eliminar la carga orgánica residual y aquellas otras sustancias no eliminadas en el tratamiento secundario, sin este segmento se realiza por medio de un proceso físico-químico usando la filtración y precipitación, esto para reducir los niveles de fosfatos y nitratos (Camacho, 2014)

### **2.3. Parámetros físico-químicos de monitoreo**

Los principales parámetros a monitorear son los siguientes: Físicos, Químicos, ya que gracias a ellos podemos monitorear y conocer la calidad del agua, de igual manera podemos identificar el tipo de agua residual poniendo en práctica cada uno de estos parámetros.

#### **2.3.1. Físicos**

Los principales factores físicos son aquellos que nos definen las características del agua, las cuales podemos ver, oler y tocar. (Águila, 2015)

##### **2.3.1.1. Turbidez**

Es la medida o grado de claridad del agua debido a las impurezas insolubles presentes en el agua tales como: materias en suspensión bien sea mineral u orgánico, partículas coloidales. La turbidez impacta en los ecosistemas por dispersar la luz solar y reducir la concentración de oxígeno afectando al proceso de la fotosíntesis. El grado de turbidez varía de acuerdo con la naturaleza, tamaño y cantidad de partículas suspendidas, estas partículas suspendidas ayudan a la adhesión de metales pesados y muchos otros compuestos tóxicos (Gonzalez, 2011).

##### **2.3.1.2. Oxígeno Disuelto**

El oxígeno disuelto que es encontrado en líquido o cuerpo de agua proviene del aire que se ha disuelto en el cuerpo de agua, pero científicamente se sabe que el oxígeno disuelto se produce a través del resultado de la fotosíntesis en las plantas acuáticas, como lo son las microalgas (plantas acuáticas microscópicas) estas son las encargadas de realizar el proceso de fotosíntesis, en pocas palabras absorbiendo energía de los rayos de luz y convirtiéndolo en oxígeno. La cantidad de oxígeno que puede diluir en el agua (OD) está completamente relacionado con la temperatura, si el agua se encuentra caliente es más difícil hallar oxígeno. (Perez & Rodriguez, 2008).

El oxígeno disuelto determina si en los procesos de degradación dominan los organismos aerobios o los anaerobios, lo que marca la capa agua de las lagunas tropicales de inundación y capacidad del agua para llevar a cabo procesos de auto purificación. Las cantidades exorbitantes de materiales orgánicos biodegradables en el agua son de perjuicio, ya que estas privan el agua de oxígeno que es necesario para sostener la vida animal acuática en un cuerpo de agua, entre las fuentes propias de estos materiales biodegradables, que se conocen como residuos que necesitan o requieren oxígeno, están las aguas negras, residuales, etc. (Aguamarket-1, 2017)

### **2.3.2. Caracteres organolépticos**

El análisis o examen organoléptico es la apreciación cualitativa que se realiza a una muestra o cuerpo de agua, generalmente realizada en campo. Y esta se basa meramente en lo que es la percepción de los sentidos. Los parámetros que los comprenden son el calor, olor y el sabor.

#### **2.3.2.1. Color**

El color se debe a la presencia de materiales de origen vegetal como son los ácidos húmicos, plancton, y también de ciertos materiales pesados y no pesados como hierro, manganeso, cobre, y cromo (color verdadero) y materiales en suspensión (color aparente). Los efectos que produce el color en la vida acuática se centralizan principalmente en la disminución de la transparencia, en pocas palabras la turbidez, esta genera un efecto barrero a la luz solar, provocando que se reduzca el proceso de fotosíntesis realizado por microalgas (Deloya, 2006)

#### **2.3.2.2. Olor**

El olor se debe a los diferentes gases liberados de los procesos de descomposición de la materia orgánica. Uno de los compuestos que contribuye en gran medida a la generación de malos olores es el sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ) que es un producto natural de la descomposición anaerobia de la materia orgánica, muy frecuentemente encontrado en drenajes y en plantas de tratamiento de aguas residuales y de lodos de desecho. (Morgan, Revah, & Noyola, (S.F))

Clasificaron los malos olores según las siguientes categorías:

- Gases inorgánicos que incluyen al sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) y al amoníaco (NH<sub>3</sub>).
- Los ácidos como el acético, láctico y butírico.
- Los altamente tóxicos como el índole, skatole, fenoles y mercaptanos.
- Las aminas como la cadaverina y la putrescina.

### **2.3.2.3. Sabor**

El agua natural, normalmente tiene un sabor gracias a la presencia de algunas sales o gases, como lo es el CO<sub>2</sub>, en concentraciones adecuadas. Cabe recalcar, que cuando una de estas especies contiene una proporción elevada, el resultado de esto en el agua es que llega a adquirir sabores que son desagradables. Como, por ejemplo, la presencia de CO<sub>2</sub> en exceso puede conceder un sabor ácido al agua; altas cantidades de hierro y manganeso en un cuerpo de agua provocan sabor metálico; elevadas proporciones de sulfato magnésico imparten un sabor amargo al agua potable. Los compuestos orgánicos, también llegan a otorgar sabores característicos al agua. A veces, el sabor que es desagradado aparece en concentraciones que son muy inferiores al límite de toxicidad. Los fenoles y los correspondientes compuestos dorados generados en procesos de depuración con cloro, imprimen al agua gustos muy característicos. (Aguamarket-2, 2017)

### **2.3.3. Químicos**

El parámetro químico está totalmente relacionado con la capacidad del agua para disolver distintas sustancias como los sólidos disueltos, alcalinidad, fosforo, nitrógeno entre otros. (Águila, 2015)

#### **2.3.3.1. pH**

Es el potencial de hidrogeno. Este se mide en escala del 1(acido) al 14(alcalino) siendo 7 su valor neutro. El pH generalmente lo podemos definir como la sustancia que se separa en el agua para producir iones de hidrogeno, mientras que otra base se separa en una solución acuosa formando iones de hidróxido. (Cervantes, Constanzo, & Gomez, 2014)

Debemos recordar que el agua es un compuesto que tiene la capacidad de separarse en iones de hidrogeno e hidróxido. (Olarte, 2017)

#### **2.3.3.2. Amonio**

El amoniaco es un nutriente que contiene nitrógeno e hidrógeno. Su fórmula química es  $\text{NH}_3$  en su estado sin ionizar y  $\text{NH}_4^+$  en la forma ionizada. La suma de  $\text{NH}_3$  y  $\text{NH}_4^+$  constituye el amoniaco que se mide analíticamente en el agua. El amoniaco es también uno de los contaminantes más importantes porque es relativamente común, pero puede ser tóxico, disminuyendo la reproducción y el crecimiento o causando la muerte. El ( $\text{NH}_3$ ) sin ionizar es altamente tóxico para la vida acuática. (Garcia E. , 2018)

#### **2.3.3.3. Fosforo**

Es un nutriente de la vida acuática y limitante del crecimiento de las plantas, generalmente su presencia está asociada con la eutrofización de las aguas, con problemas de crecimiento de algas indeseables en embalses y lagos con acumulación de sedimentos, aparte del nitrógeno es otro elemento importante para el crecimiento de los microorganismos, pues este satisface las necesidades de fosforo de todos los organismos y se necesita en niveles muchos más bajos que el nitrógeno, de la misma manera el fosforo y el nitrógeno son los responsables de la eutrofización. En las AR el fosforo lo podemos encontrar en forma de orto fosfato, poli fosfato y fosfato orgánico, el ortofosfato es la forma más fácil de asimilar por los microorganismos y se utiliza como un parámetro de control en los procesos biológicos de eliminación de fosforo. Las aguas residuales domesticas tienen una concentración de fosforo total de aproximadamente 5-15 mg/L. (EcuRed, 2010)

#### **2.3.3.4. Nitrógeno**

En las aguas residuales el nitrógeno se encuentra en cuatro formas básicas: nitrógeno orgánico, amonio, nitrito y nitrato. Si las aguas residuales son frescas, el nitrógeno se encuentra en forma de urea y compuestos proteínicos, pasando posteriormente a forma amoniacal por descomposición bacteriana. A medida que el agua se estabiliza por oxidación bacteriana en medio aerobio se generan nitritos y posteriormente nitratos. El predominio de la forma de nitrato en un agua residual es

un indicador de que el residuo se ha estabilizado con respecto a la demanda de oxígeno. El nitrógeno total es la suma del nitrógeno orgánico, amonio, nitrito y nitrato. El agua residual suele contener 20-50mg/L de nitrógeno total y 12 – 40mg/L de amonio. (EcuRed, 2010)

#### **2.3.3.5. Sólidos Disueltos**

Representan la totalidad de material suspendido y disuelto que contiene el agua podemos definirlo como el material que permanece en el agua después de eliminar los sólidos en suspensión, ya que proceden de la capacidad que tiene el agua de disolver sólidos, líquidos y gases, los podemos clasificar: orgánicos e inorgánicos la suma de los minerales, sales, metales, cationes o aniones disueltos en el agua. Esto incluye cualquier elemento presente en el agua que no sea (H<sub>2</sub>O) molécula de agua pura y sólidos en suspensión. (Sólidos en suspensión son partículas / sustancias que ni se disuelven ni se asientan en el agua, tales como pulpa de madera.) En general, la concentración de sólidos disueltos totales es la suma de los cationes (carga positiva) y aniones (cargado negativamente) iones en el agua. Partes por millón (ppm) es la relación peso-a-peso de cualquier ion al agua (Deloya, 2006)

#### **2.3.3.6. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)**

Lo podemos definir generalmente como la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar la materia orgánica presente en un cuerpo de agua (Mora). La prueba de la DBO es un procedimiento experimental, tipo bioensayo, que mide el oxígeno requerido por los organismos en sus procesos metabólicos al consumir la materia orgánica presente en las aguas residuales o naturales (Raffo & Ruiz, 2014)

#### **2.3.3.7. Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

En general mide la cantidad de materia orgánica del agua, ya que nos permite poder obtener el grado de contaminación de la misma. La DQO o Demanda Química de Oxígeno es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar toda la materia orgánica y oxidable presente en un agua residual. Es por tanto una medida representativa de la contaminación orgánica de un efluente siendo un parámetro a controlar dentro de

las distintas normativas de vertidos y que nos da una idea muy real del grado de toxicidad del vertido (Deloya, 2006)

#### **2.4. Proceso de coagulación**

La coagulación es un proceso común en el tratamiento de aguas aplicado para la desestabilización de impurezas coloidales y disueltas, produciendo agregados de flóculos grandes que pueden ser removidos por subsiguientes procesos de filtración/clarificación (GAO, 2002). Este proceso se lleva a cabo agregando coagulantes, los cuales pueden ser clasificados como inorgánicos, polímeros orgánicos sintéticos y naturales (OKUDA, 2001). Del amplio rango de coagulantes que pueden ser usados para el tratamiento de las aguas, los más comunes son: sulfato férrico, sulfato de aluminio y cloruro férrico (JIANG, 2002). Sin embargo, se ha reportado que el aluminio residual presente en las aguas, como resultado del tratamiento con alumbre, está relacionado con el mal de Alzheimer (STAUBER, 1999), producción de grandes volúmenes de lodo, reacción con la alcalinidad natural presente en el agua y la baja eficiencia en la coagulación de aguas frías. Desventajas similares se han reportado para las sales de hierro y los polímeros sintéticos (Ndabigengesere, 1995).

#### **2.5. Generalidades del marango**

La planta *moringa oleifera* conocida comúnmente como marango, es una planta de originaria del norte de la India. Este crece en cualquier tipo de suelo y contiene una resistencia para los largos periodos de sequía, esta es una planta que no requiere mucho cuidado por su resistencia y rápido crecimiento, cabe recalcar que alcanza una altura de 4 metros en un año. En diversos lugares se le conoce como palo de tambor, debido por la forma de sus vainas, siendo su uno de los productos principales en consumo alimentario en las regiones de India y África. (Ponce, 2007)

En Centroamérica se le conoce como marango, paraíso, paraíso blanco, esta planta puede encontrarse en lugares con bajas temperaturas de 6 a 38 °C, tiene la capacidad de resistir tiempos prolongados de frío, no menos de 2 a 3 °C. En bajas temperaturas, como de 14 °C no llega a florecer y se tiene que reproducir por reproducción vegetativa (estacas). Se puede localizar desde 1800 metros sobre el

nivel del mar y resiste hasta grandes precipitaciones anuales, pero se desarrolla mejor en la época seca. (Ponce, 2007)

### 2.5.1. Clasificación Taxonómica

De acuerdo con la clasificación de la *Moringa Oleífera*

Tabla 3. Taxonomía de *moringa oleífera*

<b>Nombre científico:</b>	<b><i>Moringa oleifera Lam</i></b>
Reino:	<i>Plantae</i>
División:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Magnoliopsida</i>
Orden:	<i>Brassicales</i>
Familia:	<i>Moringaceae</i>
Genero:	<i>Moringa</i>
Especie:	<i>Moringa oleífera</i>

(Lyndad, 2018)

### 2.5.2. Aportes nutricionales

Los estudios sobre la *Moringa oleifera* demuestran que es un alimento nutritivo y benéfico que ofrece características muy atractivas por su importante contenido en proteínas, calcio y vitamina A. de igual manera se destaca con un potente aporte nutricional y energético, con propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, antihistamínicas, antibacterianas, hipolipemiantes, hipoglucemiantes, eupépticas (favorece la digestión), emolientes, dermoprotectoras, y antifúngicas. (Villarreal & Ortega, 2014)

Además de la concentración importante de antioxidantes que presentan sus hojas, dentro de ellos destacan los isotiocianatos, que puede presentar propiedades hipotensoras, hipoglucemiantes y antibióticas. A cerca de los usos medicinales que contiene, posee un alto valor nutricional, distintas partes de la moringa goza de minerales muy importantes, que son una fuente de vitaminas, proteínas, aminoácidos,  $\beta$ -caroteno y varios compuestos fenólicos. Además, esta

plata cuenta con grandes requerimientos nutricionales que son capaces de suplir a todos los requerimientos de micronutrientes que son de necesidad. (Villarreal & Ortega, 2014)

Su composición se caracteriza por presentar vitamina A y C, tiamina (vitamina B), riboflavina (B2), niacina (B3), ácido fólico, ácido ascórbico, calcio, potasio, magnesio, fósforo, zinc. Muchos estudios han determinado la composición y aspectos nutricionales de la planta.

#### **2.5.2.1. Las hojas**

Las hojas de moringa pueden cosecharse durante las épocas secas, cuando no hay otros vegetales frescos disponibles. Contiene grandísimas cualidades nutritivas, según un estudio de la FAO el contenido de proteína es de un 27%, tiene cantidades significativas como el huevo y la leche, también una cantidad significativa de calcio, además de potasio, hierro y fosforo, tres veces más del potasio que aporta el plátano, vitamina A, mayor cuatro veces que lo que aporta la zanahoria, y vitamina C, siete veces mayor que las naranjas. (Magaña, 2012).

#### **2.5.2.2. La semilla**

La semilla contiene un 40% de aceite de alta calidad de los cuales el 73% es ácido oleico, siendo dulce y algo viscosa, esto quiere decir que el aceite de moringa contiene el mismo nivel de calidad del aceite de oliva. Pruebas investigativas han demostrado que la pasta que queda después de la extracción del aceite tiene ingredientes activos coagulantes. Dado que las hojas se pueden recoger en época secas, pasa a ser un alimento decisivo por la falta de vegetales en lugares o regiones del continente africano, todo ello por su valor nutricional. (Magaña, 2012)

#### **2.5.3. Propiedades bacterianas**

Estudios recientes afirman que el extracto de la semilla cuenta con antimicóticas, anti-cianobacterias, antibacterianas, y antimicrobianas por lo cual es capaz de hasta combatir contra infecciones causadas por la salmonella, rhizopus y E. coli. (Hernandez, Niguelli, Gomez, & Gonzalez, 2016)

Investigaciones bacteriológicas han demostrado que la actividad antimicrobiana que contienen los extractos de la semilla de la moringa, los cuales pueden flocular las bacterias Gram positivas y Gram negativas, tanto que, de igual manera lo hacen con los coloides que se encuentran en el agua. La acción bacteriostática que se ejerce, lo cual el principal responsable de esta, es el Isotiocianato de Bencilo, lo que también tiene acción bactericida sobre muchas especies patógenas incluyendo aislados de *Staphylococcus*, *Streptococcus* y *Legionella* que son resistentes a antibióticos. La fuerza de los isotiocianatos como antibióticos de igual forma quedo demostrado en una investigación con la *Helicobacter Pylori*, esta que es la autora de úlceras gástricas y duodenales. Otras cepas de bacterias que se lograron anular gracias a la moringa fueron las de *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli* y *pseudomonas aeruginosa*. (Anonimo, 2019)

#### **2.5.4. Uso como floculante**

Las propiedades de la moringa fueron descubiertas y utilizadas por primera vez en China, por mujeres que padecían de recursos, estas al querer encontrar agua que pudiera ser consumida, descubrieron que las semillas de este árbol que crecía en las cercanías de sus hogares, tenía el don de bajar la suciedad al fondo de las vasijas y que aquel lodo no subía a la superficie, dejando el agua clara y limpia. Desde ese momento la moringa y sus propiedades han sido utilizadas tanto en Asia, África y demás continentes, todo esto por su capacidad de adaptación. (Ponce, 2007)

La semilla de *M. oleífera* es un potente agente coagulante y floculante de partículas coloidales suspendidas, es uno de los mejores floculantes naturales conocidos y se emplean en la depuración y purificación de aguas fluviales y aguas turbias. Además, se ha reportado que disminuye la acumulación de aluminio en los lodos residuales y abarata los costos en el tratamiento de aguas. El extracto de la semilla de *M. oleífera* posee una propiedad coagulante natural que le confiere la capacidad de limpiar aguas turbias (Hernandez, Niguelli, Gomez, & Gonzalez, 2016).

(Ndabigengesere, 1995), han estudiado la eficiencia y las propiedades de marango como coagulante natural y su mecanismo de coagulación en el agua turbia.

Verificaron que los componentes activos de las semillas son proteínas catiónicas solubles que tienen peso molecular de cerca de 13 kDa y punto isoeléctrico en pH entre 10 y 11, sugieren que el mecanismo predominante de coagulación sea el de adsorción y neutralización de cargas. Las proteínas tienen punto isoeléctrico 9.6 y masa molecular menor que 6,5 kDa.

El empleo de las semillas en el tratamiento de aguas no produce cambios significativos en los valores de pH y conductividad, pero manifiestan que se evidencia un incremento del carbono orgánico disuelto (COD), lo que aumenta la demanda de cloro durante la desinfección, situación que puede inducir la formación de trihalometanos. Además, el incremento en COD puede constituir una fuente adicional de olor y sabor al agua tratada (Ledo, Lima, Paulo, & Duarte, 2009).

### **III. Materiales y métodos**

#### **3.1. Tipo de estudio**

El tipo de estudio es de carácter cuasi experimental, ya que se evaluó el efecto del polvo de semilla de *moringa oleífera* como floculante natural y se determinó la cantidad óptima de ésta en el tratamiento de agua residual de cultivo de tilapia, para comprobar la hipótesis que se ha planteado.

#### **3.2. Metodología**

La estación experimental acuícola cuenta con 6 piscinas pequeñas de 9 toneladas y 4 grandes de 90 toneladas las cuales están sembradas a una densidad de 27 organismos por m<sup>3</sup> y cuentan con un sistema de aireación abastecido por un blower de 1.5 hp.

El recambio de agua de cada una de las piscinas del área experimental acuícola se realiza en un promedio general del 40%, dependiendo del comportamiento de los organismos de la fluctuación de los parámetros físico químicos y de la concentración de microalgas.

Las aguas provenientes de los recambios de agua realizados en cada una de las piscinas del área experimental acuícola fueron drenadas directamente al canal, las cuales fueron desechadas para su tratamiento.

##### **3.2.1. Preparación del polvo de semilla *moringa oleífera***

Se cosecharon las vainas y se extrajeron las semillas de manera manual, posteriormente estas fueron peladas y maceradas, después de triturar la semilla, se colocó el producto en una superficie limpia, para eliminar restos de cascara que no pudieron ser triturados. Por último, se procedió al secado del producto final dejándolo al sol por dos días “polvo de semilla” evitando la inclusión de microorganismos o cualquier tipo de material no deseado.

##### **3.2.2. Toma de muestra de agua**

La muestra de agua fue colectada directamente del canal al cual drena el agua residual procedente de cultivo de tilapia que se desarrolla en la Estación

Experimental Acuícola ubicada en la Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinaria, esto con el objetivo de comprobar la capacidad floculante de la semilla de *moringa oleífera* en aguas con alta turbidez.

En una botella previamente desinfectada fueron tomados 2.5 litros de agua como muestra la cual posteriormente fue trasladada al laboratorio para la aplicación del floculante.

### **3.2.3. Aplicación de floculante**

La muestra de agua fue distribuida en cuatro beaker con capacidad de 500ml, se determinaron tres tratamientos correspondientes a diferentes concentraciones, determinada según bibliografía, las cuales corresponden a T1:2g, T2:4g y T3: 6g diluidos en 500ml de agua residual.

Con ayuda de una balanza analítica se pesaron las cantidades indicadas de polvo de semilla de marango, posteriormente se agregaron al mismo tiempo a cada beaker, seguidamente se colocaron en una plancha agitadora con el fin de mezclar el floculante con el agua residual y acelerar el proceso de coagulación, cada mezcla fue agitada a 220 revoluciones por minuto durante 15 minutos a temperatura ambiente, para luego dejarla reposar durante 45 minutos sin moverlas con el fin de que las partículas se sedimentaran en el fondo del recipiente. Pasado el tiempo con cuidado las muestras fueron filtradas a un nuevo recipiente a través de un paño de gasa para quitar el restante de las semillas para posteriormente pasar a un proceso de filtración utilizando un poro de maya 45micra. Al agua resultante se le determino el valor de pH, la concentración de nitrato, fosfato y amonio.

### **3.3. Procedimientos de recolección de datos**

En el lugar de muestreo se tomaron las siguientes variables: con la ayuda de un pH-metro marca Eco Testr pH2 se tomaron valores de pH el cual fue sumergido a 5 centímetros, la turbidez se midió con un disco de secchi el cual se descendía en la columna de agua, hasta que no se observe anotando el valor y la temperatura.

## **Determinaciones analíticas**

### 3.3.1. Determinación de Nitratos en aguas residuales

Se tomaron 5 mL de muestras de agua residual y se determinaron las concentraciones de nitrato utilizando un kit comercial (MQuant™ Test Nitratos). Para desarrollar la curva estándar se usó Nitrato de Sodio ( $\text{NaNO}_3$ ). Se procedió a efectuar las medidas en el espectrofotómetro (LAMBDA 25) a una longitud de onda de 338 nm.

### 3.3.2. Determinación de Amonio en aguas residuales

Se tomaron 5 mL de muestras de agua residual y se determinaron las concentraciones de amonio utilizando un kit comercial (MQuant™ Test Amonio). Para desarrollar la curva estándar se usó Molibdato de amonio tetrahidratado ( $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ). Se procedió a efectuar las medidas en el espectrofotómetro (LAMBDA 25) a una longitud de onda de 690 nm.

### 3.3.3. Determinación de Ortofosfatos en aguas residuales

Se tomaron 5 mL de muestras de agua residual y se determinaron las concentraciones de Ortofosfatos utilizando un kit comercial (MQuant™ Test Fosfato). Para desarrollar la curva estándar se usó Dihidrogeno fosfato de potasio ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ). Se procedió a efectuar las medidas en el espectrofotómetro (LAMBDA 25) a una longitud de onda de 780 nm.

### 3.4. Plan de análisis

Los datos fueron almacenados en una base de datos de Microsoft Excel, posteriormente analizados mediante un análisis de varianza con un nivel de significancia de  $P=0.05$ .

## V. Resultados y discusiones

### 5.1. Caracterización inicial del agua residual procedente del cultivo de tilapia.

En la Tabla 4, se aprecian los resultados arrojados, mediante la caracterización realizada al agua residual procedente del cultivo de tilapia, usada para llevar a cabo la presente investigación.

Tabla 4. Caracterización del agua residual

Parámetros	Unidad de medida	Resultado
Turbidez	Cm	35
pH	Escala de pH	8.5
Temperatura	°C	27
nitrato	gr/ml	6.19
fosfato	gr/ml	2.02
amonio	gr/ml	1.3

Los valores que presenta el agua residual de acuerdo a la caracterización anterior muestra que ha excepción del fosforo los demás valores se encuentran dentro de los rangos que establece el reglamento de disposiciones para el vertido de aguas residuales provenientes de la Acuicultura para engorde o cultivo de recursos y/o especies vivas acuáticas en cautiverio en Nicaragua (DECRETO EJECUTIVO N°. 21-2017, 2017).

### 5.2. Tiempo de clarificación del agua residual

Al observar la clarificación de las muestras con las diferentes concentraciones de polvo de semilla de marango, durante el tiempo establecido de 45 minutos se determinó que el tratamiento que actuó con mayor rapidez fue el tratamiento 1 (2gr/500ml), ya que este en un periodo de 30 minutos logro clarificar totalmente (ver figura 1), dicho tratamiento fue el de la dosis más baja lo cual confirma que cuando la turbiedad aumenta se debe adicionar una dosis menor de coagulante debido a

que la probabilidad de colisión entre las partículas es muy elevada; por lo que la coagulación se realiza con facilidad; por el contrario cuando la turbiedad es baja la coagulación se realiza muy difícilmente, y la cantidad del coagulante es igual o mayor que si la turbiedad fuese alta.

Las partículas coloidales que confieren turbiedad y color poseen en su mayor parte cargas eléctricas negativas en su superficie, que crean una barrera repelente entre sí, lo que imposibilita su aglomeración, el polvo de semilla de marango como floculante natural en agua residual tuvo un efecto positivo en la disminución de la turbidez ya que este actúa de mejor manera en aguas con alta turbidez. Esto debido a que el extracto de la semilla de *M. oleífera* posee una propiedad coagulante natural que le confiere la capacidad de purificar aguas turbias. La mezcla del coagulante, cargado positivamente, con agua impura comprime la bicapa de las partículas coloidales flotando en ella y produce la neutralización del potencial electrostático de superficie de las partículas desestabilizadas, se unen unas con otras para formar estructuras sólidas conocidas como flóculos que descienden hasta el fondo del recipiente por la fuerza de la gravedad. Los microorganismos patógenos adheridos a estas partículas coloidales descienden con los flóculos y de esta manera se aclara el agua de suciedad y de microbios

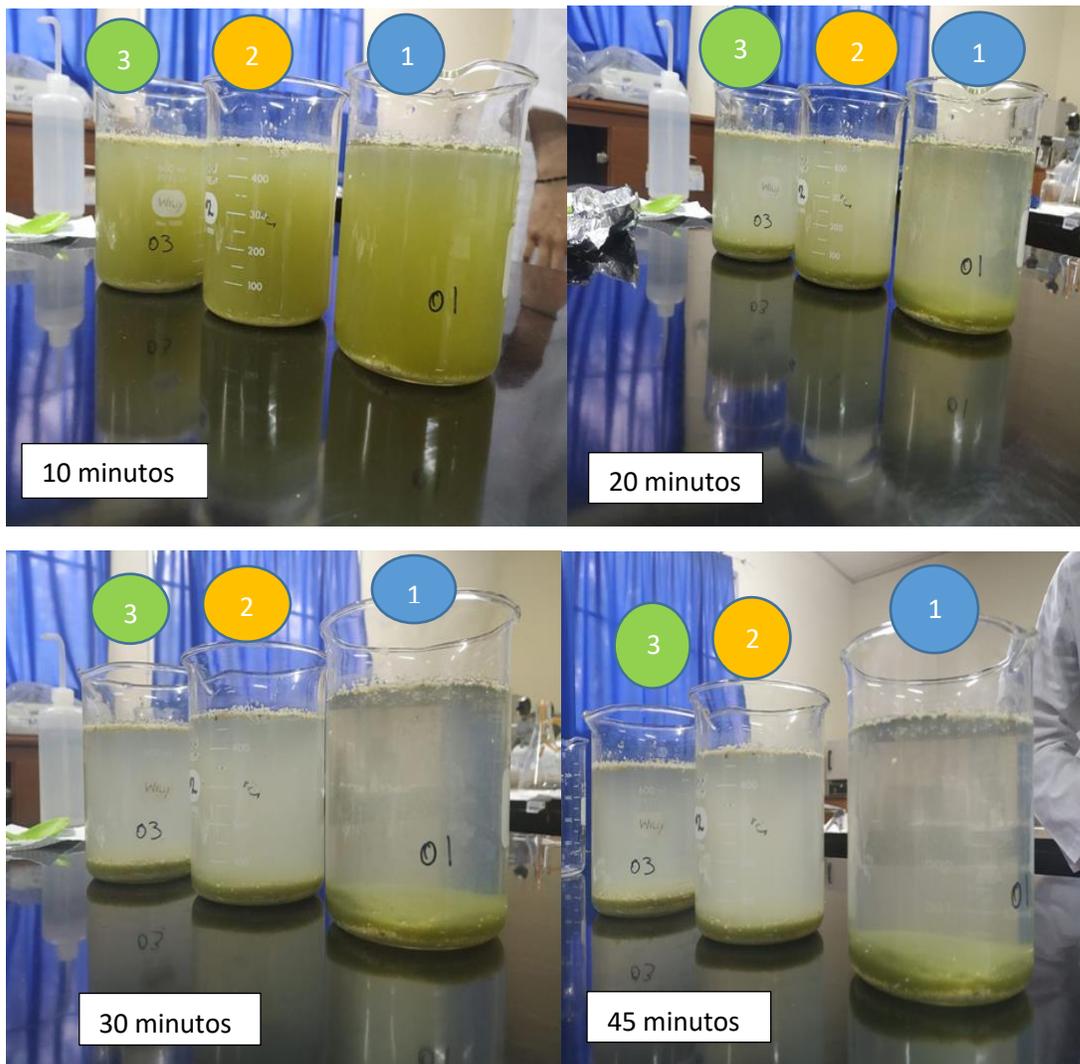
### **5.3 pH y Temperatura**

El rango de pH luego de aplicado el floculante fue de 8.11 en promedio en los tres tratamientos, lo que demuestra que no hubo un cambio significativo, Ndabigengesere et al. (1995) señalan que el proceso de coagulación no se ve alterado por el pH inicial del medio; dicho de otro modo, el proceso de coagulación es independiente del pH.

La temperatura promedio fue de 28°C, esta es considerada únicamente como parámetro de referencia dentro del experimento, ya que es una variable altamente fluctuante en función del manejo de las muestras. La variación de 1°C en la temperatura del agua conduce a la formación de corrientes de densidad (variación de la densidad del agua) de diferentes grados que afectan a la energía cinética de

las partículas en suspensión, por lo que la coagulación se hace más lenta; temperaturas muy elevadas desfavorecen igualmente a la coagulación. Una disminución de la temperatura del agua en una unidad de decantación conlleva a un aumento de su viscosidad; esto explica las dificultades de la sedimentación de un floc, lo cual no se dio en este caso.

Figura 1. Clarificación de los diferentes tratamientos durante el periodo de reposo del agua residual (T1: 2gr/500MI, T2: 4gr/500MI, T3: 6gr/500ml).



#### 5.4 Eliminación de nutrientes

Los tratamientos para la eliminación de nutrientes, fosfatados y nitrogenados, en las aguas residuales, son operaciones de gran importancia, para la preservación de los cuerpos de agua, ya que la gran cantidad de estos contribuye a la eutrofización de los mismo, es por ello, que los nutrientes contenidos en las aguas residuales son objeto de diversos estudios, entre los que figuran la eliminación de los mismos, por medio de estructuras vegetales, entre las que se encuentran las semillas de moringa, las cuales han arrojado resultados importantes de remoción de fosforo, algas y SST con un porcentaje de 85.26%, 85.48% y 73.20% respectivamente (Duarte & Hernández, 2015).

#### 5.4.1 Nitrato

La figura 2 muestra los resultados obtenidos para la concentración de nitratos una vez aplicado el floculante, se observa que existe diferencia significativa entre todos los tratamientos ( $0.00 < 0.05$ ). A medida que se aumenta la concentración de polvo de semilla de marango la concentración de nitratos aumentó con respecto a la inicial. Lo cual concuerda con estudios anteriores (Ahumada Triviño & Severiche Betin, 2018) en el cual pasados 50 min las concentraciones de nitratos tienden a aumentar utilizando semilla de marango sin cascara seca.

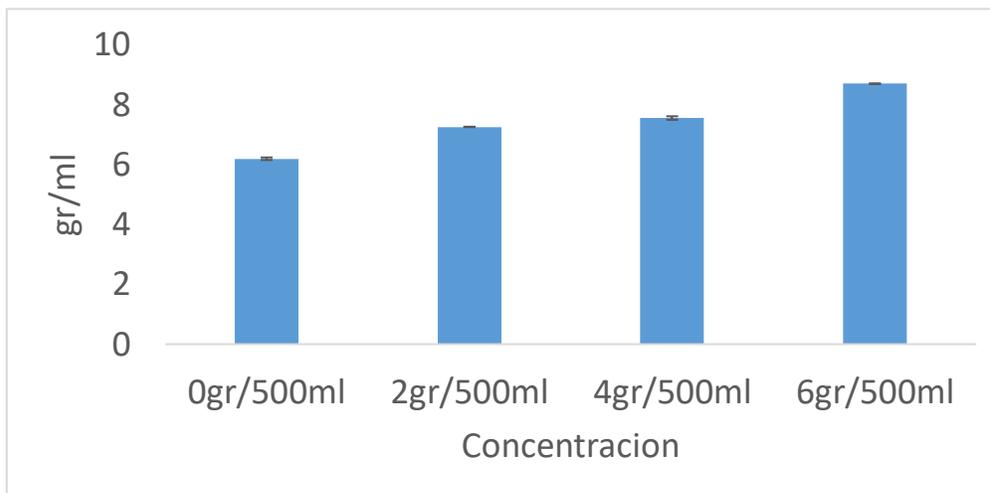


Figura 2. Concentración de nitrato con aplicación de diferentes concentraciones de polvo de semilla de marango.

### 5.4.2 Fosfato

La figura 3 muestra los resultados obtenidos para la concentración de fosfatos una vez aplicado el floculante se observa que existe diferencia significativa entre todos los tratamientos ( $0.00 < 0.05$ ). Al aumentar concentración de polvo de semilla de marango la concentración de fosfatos aumentó con respecto a la inicial. Lo cual concuerda con estudios anteriores (Ahumada Triviño & Severiche Betin, 2018) en el cual pasados 50 min las concentraciones de fosfatos tienden a aumentar utilizando semilla de marango sin cascara seca, a pesar de que a los 5min se produce remoción.

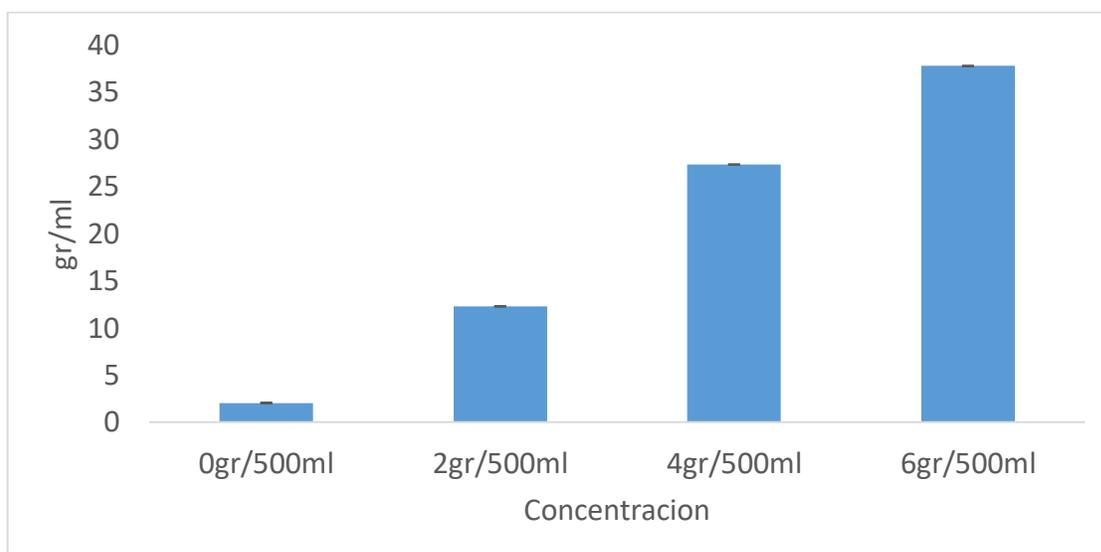


Figura 3. Concentración de fosfato con aplicación de las diferentes concentraciones de polvo de semilla de marango.

En estudios anteriores la solución a base de semillas de moringa fue sometida a un proceso de licuado con agua destilada y posterior filtrado, con la cual se obtuvo una exitosa remoción de fosforo en agua residual (Duarte & Hernandez , 2015). Otro realizado por (Galindo, Artunduaga, , & Soto , 2015) basaron su proceso de tratamiento en lavado, hervido, secado, molienda y tamizado de las cascara de las semillas con el fin adsorber cromo hexavalente de efluentes líquidos, registrando

remociones positivas del metal, obteniendo excelentes resultados en la remoción de metales pesados (Cr) en aguas residuales.

Estudios de remoción de metales como el de (Fayos, Arnal, & Alandia, 2012) prepararon para su investigación dos tipos de adsorbentes, el primero a partir de la cascara de la semilla de *moriga* oleífera, sometiéndola a un proceso y tratamientos físicos (procesos de molienda, tamizado, lavado, hervido y secado); el segundo bioadsorbente se preparó a partir de la madera, obteniendo carbón, que posteriormente fue sometido a procesos físicos (secado, hervido, molido, tamizado). Se activó químicamente utilizando ácido fosfórico. Los cuales arrojaron resultados positivos en la eliminación de los siguientes metales (Ni, Cu y Cr).

En el presente estudio los tratamientos fueron diferentes, ya que los materiales vegetales se sometieron únicamente a triturado y secado solar, es decir no se realizaron procesos de licuado, hervido, calcinado y mezclado de las semillas. La metodología realizada para elaboración de los adsorbentes pudo influir en el éxito de los resultados ya que en el presente estudio no se realizaron algunos procesos como los anteriores, lo cual indica que los materiales vegetales se sometieron a un tratamiento sencillo.

## VI. Conclusiones

1. El agua residual tomada del canal del área experimental acuícola proveniente del cultivo de tilapia presento una temperatura de 27°C y un pH de 8.05, una concentración de nitrato de 6.19 mg/L, fosforo 2.02 mg/L y amonio 1.3 mg/L.
2. Las cantidades de semilla de marango utilizadas en cada una de las muestras extraídas tuvieron un proceso de clarificación de 45 minutos, sin embargo, la muestra con 2gr/500ml fue quien clarifico en menor tiempo (30min) y con mejor efectividad.
3. Las muestras de agua tratada con las diferentes concentraciones de polvo de semilla de marango presentaron en promedio temperatura de 28°C y pH de 8.11, las concentraciones de fosfatos y nitratos en las muestras de agua residual aumentaron en relación a la concentración inicial, lo cual puede depender de varios factores, como: el tiempo, pH, temperatura, proceso de preparación del floculante.

En conclusión, se confirmó que la semilla de *M. oleífera* es un potente agente coagulante y floculante de partículas suspendidas en aguas turbias, sin embargo, existe la necesidad de enriquecer la presente investigación para mejorar la efectividad de absorción de nutrientes como nitrato y fosfato.

## VII. Recomendaciones

- Realizar comparación del efecto de floculación de la semilla de *moringa oleífera* a diferentes valores de pH para la remoción de nutrientes, ya que a pH 9, según la literatura citada es el parámetro que mayor beneficia la adsorción de fosfatos.
- Comparar diferentes procesos de elaboración del floculante para observar su efecto en la remoción de los nutrientes.
- Aplicar los resultados obtenidos a mayor escala de medida y observando sus efectos en cultivos o suelos pobres.
- Evaluar el efecto del polvo de semilla de *moringa oleífera* con un mayor tiempo para su efecto de floculación.

## VIII. Bibliografía

- ACUATECNICA . (2019). TRATAMIENTO SECUNDARIO DE AGUAS RESIDUALES. *ACUATECNICA S.A.S.* Obtenido de <https://acuatecnica.com/tratamiento-secundario-de-aguas-residuales/>
- Aguamarket-1. (2017). Oxígeno disuelto y calidad del agua. *aguamarket*. Obtenido de <https://www.aguamarket.com/tema-interes.asp?id=1819&tema=Oxigeno+disuelto+y+calidad+del+agua>
- Aguamarket-2. (2017). Sabor, agua. *Aguamarket-2*. Obtenido de <https://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=3967&termino=sabor%2C+agua>
- Águila, J. D. (28 de noviembre de 2015). Obtenido de <https://prezi.com/rboyxf7I95yb/parametros-fisicos-parametros-quimicos-parametros-biologic/>
- Ahumada Triviño, N. J., & Severiche Betin, J. (2018). *Implementación de un Tratamiento Alternativo para la Remoción de Fósforo Y Nitrógeno en Aguas Residuales Mediante Absorbentes a Base de Semillas y Tallos de Moringa Oleífera Lam.* Barranquilla: Corporación Universidad de la Costa.
- Anonimo. (2019). *HONGOSENLAPIEL.COM*. Obtenido de <https://www.hongosenlapiel.com/propiedades-antibacterianas-antifungicas-la-moringa/>
- Báez, R. S., & Martínez, R. M. (febrero de 2015). *repositorio.unan.edu.ni*. Obtenido de <http://repositorio.unan.edu.ni/779/1/10404.pdf>
- Camacho, A. (20 de septiembre de 2014). *prezi.com*. Obtenido de <https://prezzi.com/m/sphk7mrprm3y/tratamiento-terciario-de-aguas-residuales/>
- Cervantes, A., Constanzo, E., & Gomez, J. L. (2014). *Análisis de la calidad de aguas naturales y residuales con aplicación a la microescala.* Coyoacán, Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México.
- DECRETO EJECUTIVO N°. 21-2017. (30 de Noviembre de 2017). REGLAMENTO EN EL QUE SE ESTABLECE N LAS DISPOSICIONES PARA EL VERTIDO DE AGUAS RESIDUALES. *La Gaceta, Diario Oficial.*
- Deloya, A. (2006). *metodos de analisis fisicos y espectrofometricos para el. Tecnologia en marcha, Vol-19(2).* Obtenido de <file:///C:/Users/Holman/Downloads/Dialnet-MetodosDeAnalisisFisicosYESpectrofometricosParaEIA-4835509.pdf>

- Duarte, D. D., & Hernandez , L. (2015). Remoción de nutrientes mediante coagulantes naturales y químicos en planta de tratamiento de aguas residuales, Valledupar Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental (RIAA)*, 6(2), 183-196.
- EcuRed. (2010). fosforo (sustancia). *EcuRed*. Obtenido de [https://www.ecured.cu/F%C3%B3sforo\\_\(sustancia\)](https://www.ecured.cu/F%C3%B3sforo_(sustancia))
- FAO. (18 de FEBRERO de 2005). *FAO.org*. Obtenido de [http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis\\_niloticus/es](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/es)
- Fayos, B. G., Arnal, J., & Alandia, S. (2012). Estudio de la descontaminación de efluentes líquidos con elevada concentración de metales pesados mediante bioadsorbentes de Moringa Oleífera. *Instituto de Seguridad*.
- Galindo, L. A., Artunduaga, , O., & Soto , M. (2015). Remoción de Cromo Hexavalente utilizando cáscara de Moringa Oleífera como bio-adsorbente. *Revista Nova* , 1(1).
- Gallegos, O. I. (16 de Septiembre de 2012). Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales de una planta de procesos avícola. Managua.
- GAO, B. H. (2002). Evaluation of aluminum-silicate polymer composite as a coagulant for water treatment. *Water Research*, 36: 3573–3581.
- Garcia, E. (23 de abril de 2018). *iagua.com*. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/eduardo-garcia-dominguez/agua-amoniaco-y-guerra>
- Gonzalez, C. (2011). *academic.uprm.edu*. Obtenido de <http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-859/maguaturbidez.pdf>
- Hernandez, S., Niguelli, Z., Gomez, M., & Gonzalez, C. (2016). Eficacia de la semilla de Moringa oleífera en el aclaramiento del agua. *Revista universitaria y ciencia*. Obtenido de file:///C:/Users/HP/Downloads/115-523-2-PB.pdf
- HIGIA. (2014). TRATAMIENTO PRIMARIO DE LAS AGUAS RESIDUALES. *HIGIA*. Obtenido de <https://www.higiaiberica.com/noticias/tratamiento-primario-de-las-aguas-residuales/>
- JIANG, J. Y. (2002). Progress in the development and use of ferrate (VI) salt as an oxidant and coagulant for water and wastewater treatment. *Water Research*, 36: 1397–1408.
- Ledo, P., Lima, R., Paulo, J., & Duarte, M. (2009). Estudio comparativo de sulfato de aluminio y semillas de Moringa oleífera para la depuración de Aguas con baja turbiedad. *Universidad Federal de Río Grande del Norte. Revista información tecnológica, Vol. 20*, 3-12.

- Lyndad. (2018). *danyenede.blogspot.com*. Obtenido de <https://danyenede.blogspot.com/2018/11/moringa.html>
- Magaña, W. (2012). APROVECHAMIENTO POSCOSECHA DE LA MORINGA (Moringa oleífera). *Revista Iberoamericana de Tecnología*, vol. 13(2). Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/813/81325441010.pdf>
- Marquez, B. F. (26 de Septiembre de 2016). *IAGUA*. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/bettys-farias-marquez/conocimientos-basicos-plantas-tratamientos-aguas-residuales-modulo-iii>
- Marsilli, A. (diciembre de 2005). *tierramor.org*. Obtenido de <http://www.tierramor.org/Articulos/tratagua.htm>
- Morgan, J. M., Revah, M. S., & Noyola, A. ((S.F)). *MALOS OLORES EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES: SU CONTROL*. México. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/impactos/mexicon/R-0032.pdf>
- Ndabigengesere, A. S. (1995). Active agents and mechanism of coagulation of turbid water using Moringa oleifera seed. *Water Research*, 29: 703–710.
- OKUDA, T. A. (2001). Insolation and characterization of coagulant extracted from Moringa oleifera seed by salt solution. *Water Research*, 35: 405–410.
- Olarte, F. (31 de Julio de 2017). *ECOVIDASOLAR*. Obtenido de <https://www.ecovidasolar.es/blog/ph-en-el-cuerpo-y-ph-en-el-agua/>
- Perez, A., & Rodriguez, A. (2008). Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. *SCIELO*. Obtenido de [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442008000400026&script=sci\\_arttext&tlng=en](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442008000400026&script=sci_arttext&tlng=en)
- Ponce, E. N. (2007). Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/522/1/IAD-2007-T013.pdf>
- Raffo, E., & Ruiz, E. (2014). Caracterización de aguas residuales y demanda bioquímica de oxígeno. *Redalyc.org*, 11. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>
- Rondón Macías, M. D. (2017). Empleo de semillas de Moringa oleífera en el tratamiento de residuales líquidos. Ingeniería Hidráulica y Ambiental. *scielo*. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-03382017000200007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382017000200007)
- Saavedra, M. a. (4 de agosto de 2006). *coastal resources center*. Obtenido de <https://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>

- STAUBER, J. L. (1999). Bioavailability of alin alum treatment drinking water. J. *American Water Works Assoc.*, 91: 84–93.
- Torres, A. (s.f.). analisis de aguas residuales. *Diputacion Provincial De Granada*.  
Obtenido de [http://a21-granada.org/red-gramas/images/Presentacion\\_ANTONIO.pdf](http://a21-granada.org/red-gramas/images/Presentacion_ANTONIO.pdf)
- Vasquez, J. P., Santos, C., Moreno, R., & Estrada, C. (27 de febrero de 2015).  
*Unpa.Edu*. Obtenido de  
<http://www.unpa.edu.mx/investigacion/27%20de%20feb%202015%20lectura.pdf>
- Villarreal, A., & Ortega, K. J. (2014). REVISIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS Y USOS DE LA PLANTA MORINGA OLEÍFERA. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, vol. 22(2). Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/268/26832007007.pdf>

## Anexos

### 9.1 Preparación de polvo de semilla



materia prima, vaina de marango.



descascarado de la semilla de marango.



semilla descascarada.



molienda de semilla de marango



producto final, polvo de semilla de marango.

### 9.2 Toma de muestra de agua y medición de parámetros



toma de muestra de agua del canal.



medición de pH y temperatura en el canal.



medición de pH y temperatura en laboratorio.

### 9.3 Aplicación de floculante



pesaje y distribución del polvo de semilla en 2g, 4g y 6g.



aplicación del polvo 2g, 4g y 6g en beaker con 500ml de AR.



aceleración de proceso floculante en plancha agitadora.



proceso de floculación en las diferentes concentraciones.



filtración en paño de gasa.



proceso de filtración con un poro de 45micras.

### 9.4 Determinación de analíticas



extracción de 5ml de AR para medición de nitrato, amonio y fosforo.



concentración de nitrato en lotes 1,2,3 y gt.



concentración de amonio en lotes 1,2,3 y gt.



concentración de ortofosfato en lotes 1,2,3 y gt.



mezcla de muestras en el vortex



efectuación de medidas en el espectrofotómetro.