

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**“APLICACIÓN DEL POLVO DE MORINGA (*MORINGA OLEÍFERA*) COMO COAGULANTE NATURAL EN EL TRATAMIENTO DE AGUA TURBIA SINTÉTICA”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO QUÍMICO

**Eberth Omar, Aranda Tipismana**

**Ivan Fernando, Esquia Zelaya**

Callao, 2021

PERÚ

Handwritten signature of Eberth Omar Aranda Tipismana.

Handwritten signature of Ivan Fernando Esquia Zelaya.



## HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

### MIEMBROS DEL JURADO:

Dr. Carrasco Venegas Luis Américo	Presidente
Dr. Calderón Cruz Julio Cesar	Secretario
Mg. Reyna Segura Ana Maria	Miembro
Mg. Rojas Rojas Victoria Isabel	Miembro
Dr. Medina Collana Juan Taumaturgo	Asesor

Según figura en la **Resolución de Decano de Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao N° 1475869** para la titulación por la modalidad de Tesis con Ciclo de Tesis, de acuerdo con lo establecido en el REGLAMENTO DE GRADOS Y TÍTULOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO.

## **DEDICATORIA**

A DIOS, ya que sin el nada es posible.

A mi hermosa madre Rinita que sigue siendo mi fuente de inspiración y me guía desde el cielo.

A mi padre Eberth y mi hermana Angela por apoyarme de forma incondicional en este camino.

A mis familiares y a mis amigos que me motivaron salir adelante.

Eberth Omar Aranda Tipismana

A DIOS, por su bendición en esta lucha constante, a mis padres Ana y Fernando, mi hermana Marilyn por su constante apoyo, por sus palabras de aliento y por su inmenso amor de padres en esta meta profesional.

A mi novia; Medaly, por sus palabras de aliento y alegría que me brinda día a día en mi vida.

A mis grandes amistades como Rafael, Omar por sus consejos y ánimos brindados.

A mis familiares en general por la motivación y ánimos brindados en todo momento.

Ivan Fernando Esquia Zelaya

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios en primer lugar, que sin él nada es posible nada y a nuestras familias que en ellos hemos encontrado la fortaleza para seguir en los momentos difíciles del desarrollo de esta tesis, queremos agradecer a nuestro asesor Juan Medina Collana, quien nos apoyó a lo largo del desarrollo de la investigación.

También queremos agradecer a nuestro amigo Luis Espinoza por ayudarnos de manera directa e indirecta en el desarrollo de esta tesis.

## ÍNDICE

TABLAS DE CONTENIDO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	3
RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	8
INTRODUCCIÓN.....	9
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	10
1.2 Formulación del problema. ....	10
1.3 Objetivos. ....	11
1.4 Limitantes de la investigación.....	12
II MARCO TEÓRICO.....	13
2.1 Antecedentes: Internacional y nacional.....	13
2.1.1. Internacionales.....	13
2.1.2. Nacionales.....	16
2.2 Bases teóricas.....	19
2.2.1 Aguas residuales.....	19
2.2.2 Parámetros de la calidad del agua.....	21
2.2.3 Agua residual sintética.....	26
2.2.4 Sólidos suspendidos.....	26
2.2.5 Partículas coloidales.....	26
2.2.6 Sustancias disueltas.....	27
2.2.7 Moringa oleífera.....	27
2.2.8 Clasificación taxonómica de la moringa.....	28
2.2.9 Composición química.....	29
2.2.10 La moringa como coagulante natural.....	29
2.2.11 Actividad de coagulación de la moringa.....	30
2.2.12 Características del coagulante de moringa.....	31
2.2.13 Métodos de extracción del coagulante de moringa.....	32

2.2.14	Mecanismo de coagulación – floculación.....	34
2.3	Conceptual.....	37
2.4	Definición de términos básicos.....	38
III	HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	40
3.1	Hipótesis.....	40
3.1.1	Hipótesis general.....	40
3.1.2	Hipótesis específica.....	40
3.2	Definición conceptual de variables.....	41
3.2.1	Operacionalización de variable.....	42
IV	DISEÑO METODOLÓGICO.....	43
4.1	Tipo y diseño de investigación.....	43
4.2	Método de investigación.....	44
4.3	Población y muestra.....	48
4.4	Lugar de estudio y periodo desarrollado.....	49
4.5	Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.....	49
4.6	Análisis y procesamiento de datos.....	50
V	RESULTADOS.....	51
5.1	Resultados descriptivos.....	51
5.2	Resultados inferenciales.....	61
VI	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	62
6.1	Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.....	62
6.2	Contrastación de los resultados con otros estudios similares.....	63
6.3	Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes.....	64
VII	CONCLUSIONES.....	65
VIII	RECOMENDACIONES.....	66
IX	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
ANEXO	.....	74
Matriz de consistencia	.....	74

## TABLAS DE CONTENIDO

### ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Contaminantes principales de diferentes tipos de industria.....	20
<b>Tabla 2.</b> Análisis proximal de las semillas de moringa .....	29
<b>Tabla 3.</b> Actividad de coagulación según la forma de moringa .....	31
<b>Tabla 4.</b> Características de los extractos crudos de moringa.....	32
<b>Tabla 5.</b> Extracción de las proteínas de las semillas de moringa.....	33
<b>Tabla 6.</b> Operacionalización de variables .....	42
<b>Tabla 7.</b> Códigos de concentraciones para las soluciones coagulantes .....	46
<b>Tabla 8.</b> Equipos, materiales de laboratorio, insumos y reactivos .....	49
<b>Tabla 9.</b> Resultado con 100 % moringa (100µm) para 150 NTU.....	51
<b>Tabla 10.</b> Resultado con 50 % moringa (100µm) / 50% Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> para 150 NTU.....	51
<b>Tabla 11.</b> Resultado con 100 % moringa (140µm) para 150 NTU.....	51
<b>Tabla 12.</b> Resultado con 50 % moringa (140µm) / 50% Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> para 150 NTU.....	52
<b>Tabla 13.</b> Resultado con 100 % moringa (100µm) para 300 NTU .....	52
<b>Tabla 14.</b> Resultado con 50 % moringa (100µm) / 50% Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> para 300 NTU.....	52
<b>Tabla 15.</b> Resultado con 100 % moringa (140µm) para 300 NTU .....	52
<b>Tabla 16.</b> Resultado con 50 % moringa (140µm) / 50% Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> para 300 NTU ...	53
<b>Tabla 17.</b> Resultado con 100 % moringa (100µm) para 600 NTU.....	53

<b>Tabla 18.</b> Resultado con 50 % moringa (100µm) / 50% Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> para 600 NTU.....	53
<b>Tabla 19.</b> Resultado con 100 % moringa (140µm) para 600 NTU .....	53
<b>Tabla 20.</b> Resultado con 50 % de moringa (140µm) / 50% Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> para 600 NTU..	54
<b>Tabla 21.</b> Análisis de varianza para el porcentaje de remoción de turbidez .....	54
<b>Tabla 22.</b> Análisis de varianza para el porcentaje de remoción de turbidez .....	57
<b>Tabla 23.</b> Diseño factorial 100% de moringa (Mo).....	75
<b>Tabla 24.</b> Diseño factorial 50% moringa (Mo) / 50% Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> .....	76
<b>Tabla 25.</b> Resultados fisicoquímicos 100% Mo (100µm) a 150NTU.....	77
<b>Tabla 26.</b> Resultados fisicoquímicos 50% Mo (100µm) / 50%Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> a 150NTU...	78
<b>Tabla 27.</b> Resultados fisicoquímicos 100% Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> a 150NTU .....	79
<b>Tabla 28.</b> Resultados fisicoquímicos 100% Mo (140µm) a 150NTU .....	80
<b>Tabla 29.</b> Resultados fisicoquímicos 50% Mo (140µm) / 50%Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> a 150NTU...	81
<b>Tabla 30.</b> Resultados fisicoquímicos 100% Mo (100µm) a 300NTU .....	82
<b>Tabla 31.</b> Resultados fisicoquímicos 50% Mo (100µm) / 50%Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> a 300NTU...	83
<b>Tabla 32.</b> Resultados fisicoquímicos 100% Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> a 300NTU .....	84
<b>Tabla 33.</b> Resultados fisicoquímicos 100% Mo (140µm) a 300NTU .....	85
<b>Tabla 34.</b> Resultados fisicoquímicos 50% Mo (140µm) / 50%Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> a 300NTU...	86
<b>Tabla 35.</b> Resultados fisicoquímicos 100% Mo (100µm) a 600NTU.....	87
<b>Tabla 36.</b> Resultados fisicoquímicos 50% Mo (100µm) / 50%Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> a 600NTU....	88

<b>Tabla 37.</b> Resultados fisicoquímicos 100% $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ a 600 NTU.....	89
<b>Tabla 38.</b> Resultados fisicoquímicos 100% Mo (140 $\mu\text{m}$ ) a 600NTU .....	90
<b>Tabla 39.</b> Resultados fisicoquímicos 50% Mo (140 $\mu\text{m}$ ) / 50% $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ a 600NTU...	91

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Árbol y semillas de moringa .....	28
<b>Figura 2.</b> Formación de puentes entre partículas de polímeros orgánicos.....	36
<b>Figura 3.</b> Relación de las variables de la investigación .....	41
<b>Figura 4.</b> Diseño de la investigación .....	44
<b>Figura 5.</b> Acondicionamiento de las semillas de moringa .....	45
<b>Figura 6.</b> Midiendo parámetros fisicoquímicos del agua sintética.....	47
<b>Figura 7.</b> Jarra de test y toma de parámetros después del tratamiento .....	48
<b>Figura 8.</b> Gráficas de residuos para % remoción .....	55
<b>Figura 9.</b> Gráficas de interacción para % remoción con 100% moringa (Mo).....	55
<b>Figura 10.</b> Gráficas de optimización con 100% de moringa(Mo) .....	56
<b>Figura 11.</b> Gráficas de contorno de %remoción vs. Tamaño de partícula; turbidez ..	57
<b>Figura 12.</b> Gráficas de residuos para % remoción con 50% Mo / 50% $Al_2(SO_4)_3$ ....	58
<b>Figura 13.</b> Gráficas de interacción para % remoción con 50% Mo / 50% $Al_2(SO_4)_3$ ..	59
<b>Figura 14.</b> Gráficas de optimización con 50% Mo / 50% $Al_2(SO_4)_3$ .....	60
<b>Figura 15.</b> Gráficas de contorno de %remoción vs. Tamaño de partícula; turbidez ..	60

## RESUMEN

El propósito de esta investigación fue la aplicación del polvo de las semillas de moringa como coagulante natural, en el tratamiento del agua turbia sintética preparado en el laboratorio. Para su aplicación previamente se efectuó la extracción del aceite mediante el método soxhlet, usando como solvente n hexano al 95 % de pureza, obteniéndose el polvo de semilla de moringa.

Se ha evaluado la eficiencia de remoción del agua sintética de turbiedad inicial de 150 ,300 y 600 NTU (unidades nefelométricas de turbidez), concentraciones del polvo de moringa de 5, 10 20 y 40 ppm y tamaño de partícula del polvo de semilla de moringa de 100 y 140µm.

Así mismo se experimentó el porcentaje de remoción de la turbidez con una mezcla de 50 % polvo de semilla de moringa y 50 % de sulfato de aluminio.

Para efectuar las pruebas experimentales se ha usado un módulo de test de jarras de cuatro unidades por un tiempo de 1 minuto a 200 RPM y 15 minutos a 40 RPM.

Como resultados se alcanzaron un porcentaje de remoción de la turbidez por encima del 98 % a las condiciones de 40 ppm de concentración de polvo de moringa, 140 µm de polvo de semilla de moringa y turbidez inicial de 600 NTU.

Los resultados en la mezcla de polvo de semilla de moringa y sulfato de aluminio no presentan variaciones significativas en la remoción de la turbidez.

En conclusión, el coagulante del polvo de semilla de moringa demostró una alta eficiencia de remoción turbidez inicial, lo que indica las bondades de este producto como una alternativa en el tratamiento de efluentes de aguas residuales con alto contenido de turbidez.

**Palabras claves:** moringa oleífera, agua turbia sintética, coagulante, turbidez

## ABSTRACT

The purpose of this research was the application of moringa seed powder as a natural coagulant, in the treatment of synthetic cloudy water prepared in the laboratory. For its application, the oil was previously extracted using the soxhlet method, using 95% purity n hexane as a solvent, obtaining moringa seed powder. Synthetic water removal efficiency of initial turbidity of 150, 300 and 600 NTU (Nephelometric Turbidity Units), concentrations of moringa powder of 5, 10, 20 and 40 ppm and particle size of moringa seed powder have been evaluated. 100 and 140  $\mu\text{m}$ .

Likewise, the percentage of turbidity removal was experimented with a mixture of 50% moringa seed powder and 50% aluminum sulfate.

To carry out the experimental tests, a four-unit jar test module was used for a time of 1 minute at 200 RPM and 15 minutes at 40 RPM.

As results, a percentage of haze removal above 98% was achieved at the conditions of 40 ppm concentration of moringa powder, 140  $\mu\text{m}$  of moringa seed powder and initial turbidity of 600 NTU.

The results in the mixture of moringa seed powder and aluminum sulfate did not show significant variations in the removal of turbidity.

In conclusion, the moringa seed powder coagulant demonstrated a high initial turbidity removal efficiency, which indicates the benefits of this product as an alternative in the treatment of wastewater effluents with high turbidity content.

**Keywords:** moringa oleifera, synthetic cloudy water, coagulant, turbidity.

## INTRODUCCIÓN

El agua es el recurso más valioso que posee el planeta, es fundamental para que exista la vida debido a que forma parte de los procesos biológicos de todos los organismos vivos, el agua cubre alrededor del 71% de la superficie terrestre, de la cual el 97.5% corresponde a agua salada y se concentra mayormente en los océanos y el 2.5% restante es agua dulce encontrado en reservorios de lago, ríos y aguas subterráneas. Sin embargo, menos del 1% es accesible para el consumo humano (Perlman,2016).

La calidad del agua es una preocupación en todas partes del mundo. Las fuentes de agua potable están bajo la amenaza creciente de la contaminación, con consecuencias de gran alcance en la salud, el desarrollo económico y social de comunidades y naciones (Arcila & Jaramillo,2016).

Entre los diferentes compuestos químicos que se utilizan comúnmente en el tratamiento de aguas residuales está el sulfato de aluminio, el cual ha demostrado ser un buen coagulante y floculante en cuanto a la remoción de turbidez. Pero el aluminio residual en el agua de consumo humano puede ser nocivo para la salud ya que afecta gravemente el sistema nervioso central (Conagua,2013).

Por lo tanto, es preciso implementar nuevas alternativas que permitan el proceso de potabilización de agua sin generar daños al medio ambiente y a los seres que de ella se benefician. Esta investigación se realizó a nivel de laboratorio, con el fin de evaluar el efecto coagulante y floculante del polvo de semilla de moringa (*moringa oleífera*), como alternativa de manejo de aguas residuales provenientes del sector agropecuario y agroindustrial.

# **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

## **1.1 Descripción de la realidad problemática.**

Actualmente el alto grado de contaminación en las aguas es ocasionado por las actividades antrópicas o por las condiciones climáticas, el crecimiento continuo de la industrialización, la agricultura y la urbanización están involucrados en la disminución y la contaminación de los recursos hídricos en todo el mundo (Wu,2013).

En el Perú actualmente se usa como coagulante el sulfato de aluminio  $Al_2(SO_4)_3$  el cual se ha demostrado que puede ser nocivo para la salud de las personas si son ingeridos en altas concentraciones (Organización Mundial de la Salud - OMS, 2012). Por tal motivo, surge la necesidad de evaluar especies de origen vegetal, las cuales no son tóxicas para el consumo humano, comprobando su efectividad como clarificantes que permitan sustituir parcial o totalmente los productos químicos (Ramírez y Jaramillo, 2015).

Para esta investigación se preparará un agua turbia sintética, con valores de turbiedad semejante a las aguas del río (cuyos valores varían a lo largo del año entre los rangos de 100 a 400 unidades de turbidez NTU), emplearemos caolín para simular un agua residual semejante al descrito líneas arriba.

Le daremos solución a la problemática antes mencionada, proponemos el uso del polvo de moringa (moringa oleífera) como coagulante natural en el tratamiento de estas aguas turbias sintéticas.

## **1.2 Formulación del problema.**

### **Problema General**

¿Cuál será la eficiencia de remoción de turbidez con la aplicación del polvo de moringa (moringa oleífera) como coagulante natural en el tratamiento de agua turbia sintética?

### **Problemas específicos**

- a) ¿Cuál será la influencia del tamaño de partícula del polvo de moringa (moringa oleífera), en la remoción de turbiedad del agua turbia sintética?
- b) ¿Cuál será la influencia de la concentración del polvo de moringa (moringa oleífera), en la remoción de turbiedad del agua turbia sintética?
- c) ¿Cuál será la influencia de la turbidez del agua, que nos permitirá mayor remoción en la turbiedad, usando como coagulante natural el polvo de moringa oleífera?

### **1.3 Objetivos.**

#### **Objetivo general**

Obtener la eficiencia de remoción de turbidez con la aplicación el polvo de moringa (moringa oleífera) como coagulante natural en el tratamiento de agua turbia sintética.

#### **Objetivos específicos**

- a) Determinar la influencia del tamaño de partícula del polvo de moringa (moringa oleífera), en la remoción de turbiedad del agua turbia sintética.
- b) Determinar la influencia de la concentración del polvo moringa (moringa oleífera), en la remoción de turbiedad del agua turbia sintética.
- c) Determinar la influencia de la turbidez del agua, que nos permitirá mayor remoción en la turbiedad, usando como coagulante natural el polvo de moringa oleífera.

#### **1.4 Limitantes de la investigación.**

La presente tesis no tuvo limitaciones teóricas, temporales o espaciales debido a que se tuvo a disposición investigaciones que ayudan al presente proyecto, materia prima disponible, equipos instrumentales accesibles e insumos químicos que se pudo adquirir, también se dispuso con áreas adecuadas para el desarrollo de la investigación propuesta.

##### **1.4.1 Teórica**

Para la presente investigación se contó con material bibliográfico e investigaciones que se tomaron como referencia, se necesitó además concertar entrevistas con investigadores que vienen trabajando con la tecnología de las semillas de moringa.

##### **1.4.2 Temporal**

No se tuvo limitantes temporales, debido a que se contó con un plan de trabajo estructurado para el desarrollo de la parte experimental.

##### **1.4.3 Espacial**

La presente investigación se limitó en un inicio por no contar el acceso con los laboratorios de procesos unitarios (LOPU) - Universidad Nacional del Callao debido a la coyuntura actual, se vio la alternativa de solicitar permiso a laboratorios externos para poder realizar las pruebas experimentales, ya con las gestiones del caso se contó con el acceso a INDUSTRIAS DQ S.A.C donde se extrajo el aceite del polvo de moringa ya en el tratamiento del agua sintética se desarrolló en los laboratorios de SQA PERÚ S.A.C., de esta manera ya no se tuvo limitante espacial.

## II MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes: Internacional y nacional.

A continuación, se presenta antecedentes de estudio que guardan relación directa e indirecta con el objeto de estudio de esta investigación.

#### 2.1.1. Internacionales

Gandiwaa et al. (2020) **OPTIMISATION OF USING A BLEND OF PLANT BASED NATURAL AND SYNTHETIC COAGULANTS FOR WATER TREATMENT: (MORINGA OLEIFERA-CACTUS OPUNTIA-ALUMBLEND).**

Los autores tuvieron como objeto de estudio comparar la efectividad de la mezcla de coagulantes naturales a base de plantas (extractos de cactus opuntia y moringa oleífera) y un coagulante sintético (sulfato de aluminio o alumbre) en el tratamiento del agua cruda. Mencionan que las bajas tasas de producción de coagulantes naturales han dificultado su comercialización, lo que impulso la idea de mezclar coagulantes sintéticos, que se prevé que sea el medio de aplicación más apropiado en este estudio. Para medir la efectividad del coagulante, se evaluaron los siguientes parámetros; turbidez, pH, conductividad y alcalinidad total. El diseño experimental de celosía simplex se aplicó utilizando el software minitab para obtener la mezcla de coagulantes óptima. Los modelos fueron validados por análisis estadístico que mostró que era consistente. Los resultados de optimización mostraron que una combinación de alumbre, moringa oleífera y cactus opuntia en proporciones de 13%, 42.6% y 44.4%, respectivamente, con una dosis de coagulante total de 45 mg / L dio los mejores resultados generales con el agua resultante con turbidez 2.7 NTU, pH 6.99, conductividad 308  $\mu$ S / cm y alcalinidad total de 137.7 mg / L. Estos parámetros fisicoquímicos están dentro de los límites requeridos para el agua potable según las directrices de la OMS.

A partir de los resultados, concluyeron que el sulfato de aluminio (alumbre) se puede mezclar con éxito con coagulantes naturales a base de plantas para el tratamiento de agua cruda.

Acevedo (2019), **USO DE SEMILLAS DE MORINGA (MORINGA OLEÍFERA) COMO FLOCULANTE NATURAL PARA LA PURIFICACIÓN DE AGUA CRUDAS DE RIO NEGRO, RIO DE ORO Y QUEBRADA FLORIDABLANCA, SANTANDER.** El autor planteo el uso de las semillas de moringa oleífera como un tratamiento primario para la potabilización del agua en sustitución del sulfato de aluminio. Las cuales usó en muestras de agua en rio negro, rio de oro y quebrada Floridablanca, luego de ser caracterizadas, obtuvo el porcentaje de remoción de 90% a más.

El autor concluyó que las semillas de moringa oleífera demostraron una gran capacidad de remoción de turbidez y color, llegando a considerar potable la muestra de río negro en el primer muestreo, con un porcentaje de remoción de turbidez del 40,3% y de color de un 38,6% dejando los valores finales de turbidez en 2.73 NTU y color 14 UPC respectivamente, cumpliendo con la norma parcialmente, puesto que en esta se estipula que para que un agua sea potable y apta para el consumo debe haber cero tolerancia de coliformes fecales, total y pseudomonas aeruginosa, lo cual no se vio reflejado en el ensayo, puesto que el coagulante no tiene ningún efecto sobre los microorganismos, ni como floculante ni como anti-microbiano.

Zeas (2018), **ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO DEL USO DE LA MORINGA COMO COAGULANTE-FLOCULANTE EN AGUAS SUPERFICIALES.** El autor hizo énfasis en la aplicación de la harina de moringa en diferentes aguas superficiales a diferentes concentraciones. Obtuvieron una remoción de la turbidez del 98%, a comparación de los coagulantes usados comúnmente. Asimismo, este trabajo se hizo énfasis en su costo para la aplicación de esta harina como un agente coagulante que es elevado a diferencia los coagulantes tradicionales, concluyendo que la moringa tiene un gran aporte para la remoción de aguas superficiales, es viable por su aplicación y sostenible.

Mas (2011), **USO DE LA MORINGA OLEÍFERA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE AGUA DE UN EFLUENTE DOMESTICO PROVENIENTE DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN.**

El autor planteo el estudio de las semillas de la moringa oleífera como coagulante para la clarificación de agua domésticas provenientes de lagunas de estabilización. Uno de los aspectos importantes fue tomar la muestra efluente en dos tipos de periodos (lluvioso y seco), previamente ya determinado sus condiciones (turbiedad, color, pH, alcalinidad total, solidos suspendidos totales), presentando una turbiedad inicialmente. Un segundo aspecto importante que se obtiene un porcentaje de remoción mayor al 60% además de que sus alcalinidades de pH no se ven alterados por el uso de estas semillas como coagulante.

El rango de concentración de moringa oleífera estudiado permitió alcanzar un porcentaje de remoción de turbiedad de 95.5 y 89.8 % para valores de turbiedad inicial de 145 y 75 NTU, utilizaron como dosis óptima de coagulante 300 y 480

mg/L, respectivamente y un porcentaje de remoción de color de las aguas tratadas, luego de filtradas de 75 y 80 %. Concluyendo que la dosis adecuada en la concentración de la moringa oleífera permite una remoción de turbiedad con valores óptimos mayores al 90%.

### **2.1.2. Nacionales**

Álvarez (2019), **EXTRACTO DE MORINGA (MORINGA OLEÍFERA) PARA LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ DE EFLUENTES DE LA PRODUCCIÓN DE NÉCTAR DE MARACUYA**. El autor planteo como objetivo medir la eficiencia del extracto de la moringa para la remoción de turbidez de los efluentes de la producción de néctar de maracuyá, asimismo analizaron los parámetros fisicoquímicos como pH, turbidez, color y la conductividad eléctrica.

Obtuvieron una disminución de la turbiedad de 92.5%, el color entre el rango de 71.57% hasta 79.80% y la conductividad eléctrica entre 2.43 a 2.96 mS/cm sin que su pH se vea alterado significativamente, concluyendo que la eficiencia del extracto de moringa en la remoción de turbidez de efluentes de la producción de néctar de maracuyá, tuvo efecto significativo en la remoción de la turbidez del efluente de néctar de maracuyá en los diferentes niveles de turbiedad, consiguieron un rango máximo de remoción de 92.25 a 94.16 %

Arenas (2019), **EFFECTO DE LA REMOCIÓN DEL ACEITE DE LAS SEMILLAS DE MORINGA OLEÍFERA EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS POR COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN**. El autor planteo como objetivo evaluar el efecto de la remoción del aceite de las semillas de Moringa oleífera, para mejorar los procesos de coagulación floculación en el tratamiento de aguas de baja,

media y alta turbiedad. Para ello se preparó agua sintética a tres niveles de turbiedad inicial: 20, 120 y 500 NTU; se removió el aceite de las semillas mediante el extractor de Soxhlet empleando etanol como solvente; y se realizaron pruebas de jarras. Los coagulantes preparados fueron con las semillas originales de moringa oleífera «Mo» y con las semillas posterior a la remoción de su aceite «MosinAc» utilizando agua destilada (AD) y NaCl 1M (NaCl) como solventes de extracción de los componentes activos de la coagulación. Para lograr el objetivo general se determinó la composición proximal de las semillas «Mo» y «MosinAc», la concentración de proteínas acuosas en los coagulantes preparados con concentración al 1 por ciento, las dosis óptimas de los coagulantes en cada una de las tres aguas sintéticas, el mejor solvente, concluyendo que los coagulantes naturales preparados a base de las semillas «Mo» no modifican el pH en el agua a tratar. La conductividad eléctrica en el agua tratada no varió por las semillas «Mo» en sí mismas sino por el tipo de solvente de extracción, en este caso el NaCl 1M.

Carrisales (2019), **DETERMINACIÓN DE LA DOSIS Y CONCENTRACIÓN ÓPTIMA DEL COAGULANTE DE MORINGA OLEÍFERA EN LA CLARIFICACIÓN DEL AGUA DE LA QUEBRADA TACZANAPAMPA DE LA CIUDAD DE HUANCVELICA**. El autor determino la dosis y concentración óptima del coagulante de moringa oleífera en la clarificación del agua de la quebrada Taczanapampa de la ciudad de Huancavelica; durante el procedimiento se realizó la toma de 10 muestras de agua para determinar la turbidez en cada una de ellas; con el instrumento de la prueba de Jarras, lo cual hizo la simulación de la mezcla rápida, coagulación, floculación y sedimentación

de una planta de tratamiento de agua potable convencional, para ello se utilizó diversas dosis y concentraciones, obteniendo los óptimos para cada muestra. Concluyendo que la dosis óptima se encuentra en dos rangos, menores a 50 UNT (Unidad Nefelométrica de Turbidez) de 10 mg/l a 50 mg/l; para turbiedades mayores a 50 UNT y menores de 150 UNT de 30 mg/l a 100 mg/l; y la concentración óptima para turbiedades menores a 150 UNT, se encuentran en un rango de 2% a 3%.

Oliveira (2018), **REMOCIÓN DE CROMO VI DE AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRES UTILIZANDO EL POLVO DE LA SEMILLA DE MORINGA OLEÍFERA COMO COAGULANTE NATURAL EN LA REGIÓN PUNO**. El autor plantea como objeto de estudio evaluar la remoción de cromo VI de las aguas residuales de curtiembre utilizando el polvo de la semilla de moringa oleífera como coagulante natural en la región Puno. Utilizando la metodología de coagulación y floculación mediante la prueba de jarras, esta prueba fue realizado a una mezcla rápida de 200 rpm por 60 segundos y a una mezcla lenta de 45 rpm por 10 min y 1 hora de sedimentación; en el estudio se consideró como variables independientes al pH (8 y 10) y a la concentración del coagulante de moringa oleífera de (5 % y 7 %); para lo cual se realizaron 4 ensayos con tres repeticiones. Concluyendo que la mayor remoción se logra aplicando una concentración de 7 % y pH 10, removiendo el 95.6 % de cromo VI.

## **2.2 Bases teóricas.**

### **2.2.1 Aguas residuales**

Orozco et al. (2004), el agua residual como aquellas aguas que han sido utilizadas, produciendo alteraciones en su composición, lo que conlleva una pérdida de calidad y una necesidad del tratamiento o depuración. Además, indica que los vertidos de las aguas residuales presentan una amenaza para los seres vivos y el medio ambiente, ya que producen alteración de las características del medio natural donde se produce la descarga. Existen tres tipos de aguas residuales que se clasifican en función de sus usos: aguas residuales urbanas, industriales y agropecuarias. Así mismo, las composiciones de estas aguas serán específicas, de acuerdo al tipo de industria y los métodos de producción correspondiente (Orozco et al., 2004).

Romero (1999), informa que manejar las aguas residuales industriales es muy compleja, debido a las diferentes características que presentan, ya que varían dependiendo del tipo de industria, régimen de operación, época del año, etc. Por este motivo es necesario determinar las diferentes características del agua residual. A la vez Metcalf & Eddy (1995), mencionan que la naturaleza del agua residual es fundamental su tratamiento y como su gestión de la calidad medioambiental. Según Picazo (1995), los vertidos generados por el sector agroalimentario se caracterizan por presentar una elevada carga orgánica biodegradable, una cantidad moderada de sólidos en suspensión y la escasa o nula presencia de contaminantes tóxicos y/o peligrosos. Además, indica que la cantidad de materia orgánica que aportan los distintos sectores es variada.

**Tabla1***Contaminantes principales de diferentes tipos de industria*

Industria	Contaminantes											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Acero	X	XX	XX	X	V	V	XX	XX	-	-	V	X
Alimentación	XX	XX	XX	XX	XX	XX	V	-	V	-	-	V
Automóvil	-	-	XX	XX	XX	XX	XX	X	-	XX	-	X
Coque y gas	X	X	XX	XX	XX	XX	XX	-	-	-	XX	XX
Curtidos	X	XX	V	-	-	X						
Granja ganado	-	-	XX	XX	-	-	-	-	-	-	-	X
Minería	V	V	XX	XX	XX	XX	V	XX	-	-	V	XX
Papel	XX	X	X	X	XX	XX	-	V	X	-	XX	X
Petróleo	-	X	X	X	XX	XX	XX	V	X	-	XX	X
Textil	XX	X	X	-	-	-	X	-	X	X	-	X

**Nota:**

1 Color  
 2 Calor  
 3 sólidos en suspensión  
 4 Ácidos o bases  
 5 DQO  
 6 DBO

7 Aceites y grasas  
 8 Metales pesados  
 9 Tóxicos orgánicos  
 10 Detergentes  
 11 Fenoles  
 12 Salinidad

XX Gran importancia  
 X Importancia media  
 - Sin importancia  
 V Variables en la  
 industria

Fuente: Orozco et al. (2004)

## **2.2.2 Parámetros de la calidad del agua**

La calidad de agua está determinada por un conjunto de valores límites de las propiedades físicas, químicas y biológicas, de acuerdo con la procedencia y uso.

### **Parámetros físicos**

#### ***Temperatura***

La temperatura del agua es un parámetro importante que incide sobre el desarrollo de la vida acuática y las reacciones químicas y velocidades de reacción. Además, el oxígeno es menos soluble en agua caliente que en agua fría. El aumento de las velocidades de reacciones químicas produce un aumento de la temperatura. La temperatura del agua residual suele ser más alta que la temperatura de suministro, debido a los diferentes procesos a los que se somete el agua (Metcalf & Eddy, 1995).

#### ***Color***

Según Orozco et al. (2004), los colores de las aguas residuales pueden ser debidos a multitud de compuestos orgánicos e inorgánicos, que pueden estar en elevadas concentraciones: sales de cromo, colorantes industriales, aceites, etc. Además, las aguas residuales urbanas, recientes presentan un color gris, que se va pasando a oscuro e incluso a negro.

#### ***Turbiedad***

La turbiedad es originada por las partículas en suspensión o coloides (arcillas, limo, tierra finamente dividida, etcétera). La turbiedad es causada por las partículas que forman los sistemas coloidales; es decir, aquellas que por su tamaño se encuentran suspendidas y reducen la transparencia del agua en

menor o mayor grado (CEPIS, 2004). La medición de la turbiedad se realiza mediante un turbidímetro o nefelómetro. Las unidades utilizadas son, por lo general, unidades nefelométricas de turbiedad.

### ***Conductividad***

Orozco et al. (2004), la conductividad es la medida de la resistencia que opone el agua al paso de la corriente eléctrica. Este parámetro depende de la concentración total de las sustancias iónicas disueltas en el agua y la temperatura a la cual se hace la medida.

### ***Sólidos totales***

Según CEPIS (2004), los sólidos corresponden al residuo remanente después de secar una muestra de agua. Equivalen a la suma del residuo disuelto y suspendido. El residuo total del agua se determina a 103–105 °C.

### **Parámetros químicos**

#### ***Olores***

Los olores son debidos a los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica. El agua residual reciente tiene un olor peculiar, tiende a ser desagradable, aun así, es más tolerable que el olor del agua residual séptica. El olor más característico del agua residual séptica es debido a la degradación de sulfatos a sulfitos y sulfuros por acción de microorganismos anaeróbicos. Las aguas residuales industriales pueden contener compuestos olorosos en sí mismos, o compuestos durante los

diferentes procesos de tratamiento (Metcalf & Eddy, 1995).

### ***pH***

CEPIS (2004), el pH influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua, como la corrosión y las incrustaciones en las redes de distribución. Aunque podría decirse que no tiene efectos directos sobre la salud, sí puede influir en los procesos de tratamiento del agua, como la coagulación y la desinfección. Por lo general, las aguas naturales (no contaminadas) exhiben un pH en el rango de 5 a 9. Cuando se tratan aguas ácidas, es común la adición de un álcali (por lo general, cal) para optimizar los procesos de coagulación. En algunos casos, se requerirá volver a ajustar el pH del agua tratada hasta un valor que no le confiera efectos corrosivos ni incrustantes (CEPIS, 2004).

### ***Alcalinidad***

La alcalinidad del agua es su capacidad para neutralizar ácidos constituyendo la suma de todas las bases titulables. Contribuyen a la alcalinidad principalmente los iones bicarbonato, carbonato e hidróxidos, componentes del agua natural por lo que suele tomarse como indicación de estos componentes. La alcalinidad se puede corregir con tratamiento con ácido, o desmineralización por intercambio iónico (Rigola, 1990).

### ***Calcio***

El calcio contribuye a la dureza total del agua y a la formación de incrustaciones. El contenido de calcio puede encontrarse en un rango de 0 a varios cientos de miligramos por litro. Por ejemplo, las aguas dulces suelen contener de 10 a 250

ppm, o incluso 600 ppm, el agua de mar contiene 400ppm. Además, la eliminación del calcio se realiza por precipitación e intercambio iónico (Rigola, 1990).

### ***Dureza***

La determinación de la dureza es una medida analítica útil e importante, porque va a permite conocer la calidad del agua. La dureza se debe a la presencia de sales disueltas de calcio y magnesio. Siendo la principal fuente de depósitos e incrustaciones en calderas, intercambiadores de calor, tuberías, etc (Rigola, 1990).

### ***Cloruros***

El ion cloruro es uno de los aniones inorgánicos principales en el agua. Suele ser asociado con al ion sodio, especialmente en aguas muy salinas. El contenido de cloruros afecta la potabilidad del agua y su potencial uso agrícola e industrial. Por ejemplo, las aguas dulces contienen entre 10 y 250 ppm de cloruros y el agua de mar contiene 20000 ppm. Se valora con nitratos de plata usando cromato de potásico como indicador (Rigola, 1990).

## **Parámetros de contaminación por materia orgánica**

### ***Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)***

Orozco et al. (2004), define que la DBO5, es un parámetro que mide la concentración de materia orgánica biodegradable. Se determina midiendo la disminución en la concentración de oxígeno disuelto del agua, después de

incubar una muestra durante 5 días a temperatura de 20 °C. La reacción se lleva a cabo en la oscuridad, para evitar la producción de oxígeno por las algas, a dilución adecuada, manteniendo el pH entre 7 - 7,5. Las unidades de medida son mg O<sub>2</sub> /L (ppm O<sub>2</sub>). Orozco et al. (2004), señalan que los valores elevados de DBO<sub>5</sub> indican una alta concentración de materia orgánica biodegradable. Además, reportan algunos valores de la DBO<sub>5</sub> en diferentes muestras de aguas:

- Agua limpia: DBO<sub>5</sub> < 3 mg O<sub>2</sub> /L
- Limpieza intermedia: DBO<sub>5</sub> 3 - 5 mg O<sub>2</sub> /L
- Agua contaminada: DBO<sub>5</sub> > 8 mg O<sub>2</sub> /L
- Residuos urbanos: DBO<sub>5</sub> 100 - 400 mg O<sub>2</sub> /L
- Industria alimentaria: DBO<sub>5</sub> hasta 10000 mg O<sub>2</sub> /L.

### ***Demanda química de oxígeno (DQO)***

El DQO es otro parámetro que mide la cantidad de materia susceptible de oxidación química contenida en el agua. En esta medida se sustituyen los microorganismos oxidantes por un poderoso agente químico como el dicromato de potasio (DQO - Cr) o el permanganato de potasio (DQO -Mn) en medio ácido. La ventaja de este método es una oxidación rápida y da una idea cuantitativa de la cantidad de sustancias susceptibles de oxidación que existen en el agua, inorgánicas u orgánicas. El resultado se expresa en mg O<sub>2</sub> /L, representando la cantidad de oxígeno equivalente al oxidante químico utilizado en la determinación (Orozco et al. 2004). Orozco et al. (2004), indican que existe una relación entre la DBO<sub>5</sub> y la DQO. Los resultados de este cociente, nos van a dar una idea de la naturaleza de los contaminantes orgánicos existentes en el agua, estos son:

- DBO5 / DQO < 0,2 indican presencia de contaminantes de naturaleza orgánica no biodegradable.
- DBO5 / DQO > 0,6 presencia predominante de contaminación orgánica de naturaleza biodegradable.

### **2.2.3 Agua residual sintética**

Un agua residual sintética, es un agua que se prepara de una muestra inicial simulándolo con pesos mencionados de cada ingrediente, se debe tomar una muestra para analizar los parámetros de DBO, DQO, pH, conductividad, turbiedad y sólidos totales. Luego de saber estos resultados y obtener una concentración de cada parámetro, se ajustará la dosificación de cada ingrediente hasta que cumpla con las características típicas del vertimiento de un río.

El agua residual sintética se debe de preparar de tal manera que se obtuviera un agua residual que cumpla con las características típicas del vertimiento y se estabilice con el tiempo. Con el fin de evaluar la eficiencia en la remoción de la carga orgánica.

### **2.2.4 Sólidos suspendidos**

Sólidos suspendidos (mayores a  $10^{-6}m$ ): de origen mineral (arena, arcillas, entre otros) u orgánicos (producto de la descomposición de plantas y animales). Además, microorganismos como bacterias, plancton, algas y virus. Los sólidos suspendidos son responsables de la turbidez y el color del agua según Vargas & Romero (2006).

### **2.2.5 Partículas coloidales**

Partículas coloidales (entre  $10^{-6}$  y  $10^{-9}m$ ): son sólidos suspendidos originados, de igual manera que los anteriores, pero con un tamaño inferior y una velocidad de sedimentación muy lenta. Son responsables de turbidez y del color (Vargas &

Romero, 2006). Estas partículas están, por lo general, cargadas negativamente, debido a la presencia de grupos RCOO<sup>-</sup> y OH<sup>-</sup>. La carga negativa en la superficie causa repulsión entre las partículas, evitando la aglomeración y la formación de partículas más grandes que sedimentarían fácilmente.

### **2.2.6 Sustancias disueltas**

Sustancias disueltas (menores de 10<sup>-9</sup>m); son usualmente sustancias inorgánicas, como cationes y aniones y sustancias orgánicas, como ácidos, alcoholes y aldehídos, entre otros. También puede haber gases presentes (Vargas & Romero, 2006).

### **2.2.7 Moringa oleífera**

La moringa oleífera es originaria de la India y Bangladesh (Radovich, 2009).

Se cultiva en África, Asia tropical, América Latina, el Caribe, Florida y las islas del Pacífico (FAO, 2018).

Según Liñan (2010), es un árbol de crecimiento rápido que puede alcanzar de siete a doce metros de altura y de veinte a cuarenta centímetros de diámetro.

Además, presenta un ciclo de vida relativamente corto, con un promedio de 20 años (Radovich, 2009).

Foidl et al. (1999) indican que las semillas son de forma redonda y color castaño oscuro con 3 alas blanquecinas. Cada árbol puede producir de 15000 a 25000 semillas por año.

Posee un alto contenido en proteínas en sus hojas, ramas y tallos. Sus frutos y flores, contienen vitaminas A, B y C y proteínas. Las semillas contienen entre 30 y 42 por ciento de aceite y su torta contiene un 60 por ciento de proteína (Foidl et al. 2001).

Ndabigengesere et al. (1995), las semillas de moringa se usan como un agente clarificador de diferentes tipos de aguas con diversos grados de turbidez, debido a la presencia del compuesto activo, se caracteriza como un péptido catiónico de peso molecular aproximado a 13 kDa (unidad masa molecular a 1000 Daltons) y punto isoeléctrico entre 10 y 11. Además Pérez et al. (2010), citado por Arias (2014) indican que la torta de moringa puede ser utilizado como: fertilizante para el suelo por su alto contenido en nitrógeno, alimento para animales por su alto contenido en proteína bruta (60 por ciento), o para el tratamiento del agua, por que presenta un polielectrolito catiónico.

### **Figura1**

*Árbol y semillas de moringa*



Fuente: Liñan (2010)

### **2.2.8 Clasificación taxonómica de la moringa**

Liñan (2010) indica que la clasificación taxonómica de la moringa es:

Familia: *Moringaceas*

Origen: *Capparidales*

Clase: *Magnoleopsida*

Género: *Moringa*

Especie: *Oleífera*

### 2.2.9 Composición química

Liñan (2010) indica que todas las partes de la moringa, presenta un alto contenido de nutrientes como proteínas, grasa, carbohidratos, vitaminas y minerales.

**Tabla 2**

*Análisis proximal de las semillas de moringa.*

Análisis proximal	Semillas (base húmeda)
Humedad (%)	47.2
Proteínas (%)	17.5
Grasas (%)	15.1
Cenizas (%)	2.1
Carbohidrato (%)	18.1
Calcio (mg/ 100g)	3.4
Potasio (mg/ 100g)	18.3
Hierro (mg/ 100g)	7.1
Carotenos (µg/ 100g)	114.4
Vitamina C (mg/ 100g)	0.1

Fuente: Liñan (2010)

### 2.2.10 La moringa como coagulante natural

Las semillas de moringa son uno de los mejores coagulantes naturales, se usa como un agente clarificador de diferentes tipos de aguas con diversos grados de turbidez, debido a la presencia del compuesto activo, se caracteriza como un péptido catiónico de peso molecular aproximado a 13 kDa (unidad masa molecular a 1000 Daltons) y punto isoeléctrico entre 10 y 11 (Ndabigengesere et al., 1995). Al contener cantidades significativas de proteínas solubles de bajo peso molecular.

Estas proteínas presentan cargas positivas, cuando se le añaden al agua, actúan como imanes atrayendo las partículas de cargas negativas como por ejemplo la arcilla, limo, las bacterias, etc. De esta manera ocurre la coagulación y floculación, las proteínas se unen a las partículas del agua, formando flóculos. Estos flóculos son fácilmente removidos por sedimentación o filtración (Aho y Lagasi, 2012). Tras el proceso de prensado de las semillas para la extracción del aceite, se obtiene un residuo conocido como torta, que puede ser utilizado como: fertilizante para el suelo por su alto contenido en nitrógeno, alimento para animales por su alto contenido en proteína bruta (60%), o para el tratamiento del agua, por que presenta un polielectrolito catiónico (Arias, 2014).

#### **2.2.11 Actividad de coagulación de la moringa**

Ndabigengesere et al. (1995) menciona que la actividad de la coagulación es una evaluación cualitativa, la propiedad del coagulante se manifiesta mediante flóculos visible. Cuando la remoción de turbidez está en el rango de 80-90% quiere decir que la coagulación esta “presente”., por el contrario, se calificara como “ausente” si la remoción estaría por debajo de 30%. En la presente tabla 3 se observa la actividad de coagulación de la moringa (Vainas verdes / secas, cortezas de vainas y semillas).

**Tabla 3***Actividad de coagulación según la forma de la moringa*

<b>Formas de moringa</b>	<b>Actividad de coagulación</b>
<b>Vainas verdes:</b>	
Vainas enteras	Ausente
Semillas	Ausente
Corteza de vainas verdes	Ausente
Vainas verdes secadas	Ausente
<b>Vainas secadas:</b>	
Vainas enteras	Ausente
<b>Semillas no descaradas</b>	
No filtrado	Presente
Filtrado	Presente
Residuos sólidos	Ausente
<b>Semillas descaradas</b>	
No filtrado	Presente
Filtrado	Presente
Residuos sólidos	Ausente
corteza de vainas	Ausente
corteza de semillas	Ausente

Fuente: Ndabigengesere et al. (1995).

**2.2.12 Características del coagulante de moringa**

Ndabigengesere y Narasiah (1998) investigaron las características del coagulante de las semillas de moringa (descascaradas y no descascaradas). Las semillas utilizadas fueron obtenidas de Burundi en África Central. Estas semillas fueron seleccionadas, molidas hasta obtener un polvo fino, luego se utilizó el éter de petróleo como solvente para la extracción de los aceites vegetales, finalmente los agentes activos de la coagulación fueron extraídos del polvo, utilizaron 5 g de polvo en 100 ml de agua de grifo. Además, los parámetros de calidad de estos extractos crudos de moringa, fueron analizados mediante los Métodos Estándares (APHA et al. 1992).

**Tabla 4***Características de los extractos crudos de moringa*

Parámetro	Semillas descascaradas	Semillas no descascaradas
pH	6.4	5.8
Conductividad ( $\mu\text{mho cm}^{-1}$ )	1500.0	1700.0
Alcalinidad ( $\text{mg L}^{-1}$ como $\text{CaCO}_3$ )	246.0	60.0
$\text{Ca}^{2+}$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	14.5	15.2
$\text{Mg}^{2+}$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	47.9	30.6
$\text{Na}^{+}$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	13.4	24.4
$\text{K}^{+}$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	42.9	63.6
$\text{Fe}^{3+}$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	3.0	5.0
$\text{Cl}^{-}$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	19.0	11.0
$\text{SO}_4^{2-}$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	9.0	8.0
$\text{NO}_3^{-}$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	110.0	140.0
$\text{PO}_4^{3-}$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	208.0	187.0
Carbono Orgánico Total – TOC ( $\text{mg L}^{-1}$ )	4760.0	3678.0
Demanda Química de oxígeno ( $\text{mg L}^{-1}$ )	15000.0	9630.0
Nitrogeno total Kjeldahl – TKN ( $\text{mg L}^{-1}$ )	1193.0	802.0

Fuente: Ndabigengesere y Narasiah (1998).

**2.2.13 Métodos de extracción del coagulante de moringa**

Diversos investigadores, utilizan diferentes proporciones de semilla de moringa y diferentes tipos de disolvente como el agua de grifo, agua destilada y solución salina, para la elaboración del extracto de moringa. Estos extractos de moringa son evaluados en la remoción de la turbidez del agua turbia. En la tabla 5 se observa diferentes métodos empleados para la elaboración del extracto de moringa.

**Tabla 5***Extracción de las proteínas de las semillas de moringa*

FUENTES	SOLVENTE	CONDICIONES
Ndabigengesere y Narasiah, 1998	Agua	5 g de polvo de semilla de Moringa oleífera descascarada sin grasa / 100 ml agua de grifo
	Agua	5 g de polvo de semilla de Moringa oleífera descascarada sin grasa / 100 ml agua de grifo
Okuda <i>et al.</i> 1999	solución salina	5 g de polvo de semilla de Moringa oleífera / 500 ml de solución salina 1M
Okuda <i>et al.</i> 2001	solución salina	10 g de polvo de semilla de Moringa oleífera / 500 ml de solución salina 1M
Ghebremichael, 2005	Agua destilada	5 g de polvo de semilla de Moringa oleífera descascarada / 100 ml agua destilada
Caldera <i>et al.</i> 2007	Agua destilada	2.5 g de polvo de semilla de Moringa oleífera descascarada / 250 ml agua destilada
Morales <i>et al.</i> 2009	Agua	200 g de polvo de semilla de Moringa oleífera / 1000 ml agua
Nikurunziza <i>et al.</i> 2009	solución salina	3 g de polvo de semilla de Moringa oleífera / 100 ml de solución salina 1M NaCl
Madrona <i>et al.</i> 2010, citado por Nishi <i>et al.</i> 2011	Agua destilada	1 g de polvo de semilla de Moringa oleífera triturada / 100 ml agua destilada
Garcia <i>et al.</i> 2013	Agua destilada	0.49 g de polvo de semilla de Moringa oleífera desgrasada / 700 ml agua destilada
Sandoval y Laines, 2013	Agua destilada	10 g de polvo de semilla de Moringa oleífera sin grasa / 1000 ml agua destilada
	solución salina	10 g de polvo de semilla de Moringa oleífera sin grasa/ 1000 ml de 1M NaCl
Feria <i>et al.</i> 2014	Agua destilada	1 g de torta de semilla de Moringa oleífera / 50 ml de agua destilada
	solución salina	1 g de torta de semilla de Moringa oleífera / 50 ml de solución salina 1 M
Kunai (s/a)	Agua	2 g de polvo de semilla de Moringa oleífera / 100 ml de agua de grifo

Fuente: Álvarez (2019)

#### **2.2.14 Mecanismo de coagulación – floculación**

Andia (2000) indica que la coagulación es un proceso de la desestabilización química de las partículas coloidales, que se producen al neutralizar las fuerzas que las mantienen separadas por medio de la adición de los coagulantes químicos y la aplicación de la energía de mezclado.

El proceso de coagulación mal realizado también puede conducir a una degradación rápida de la calidad del agua y representa gastos de operación no justificadas. Por lo tanto, se considera que la dosis del coagulante condiciona el funcionamiento de las unidades de decantación y es imposible realizar una clarificación, si la cantidad de coagulante está mal ajustada (Aguilar, 2010). Por ello indica que la coagulación es el tratamiento más eficaz pero también es el que representa un gasto elevado cuando no está bien realizado.

Los coagulantes pueden ser clasificados como inorgánicos, polímeros orgánicos sintéticos y naturales (Okuda et al., 2001). Los coagulantes más usados en el tratamiento de aguas residuales son las sales de aluminio o de hierro, en algunos casos se usan productos sintéticos como polielectrolitos catiónicos, las ventajas de estos polielectrolitos pueden generar menor cantidad de iodo (Romero, 2012).

La adición de iones son determinantes del potencial, porque va a permitir que se produzca la coagulación. Así mismo la adición de bases o ácidos fuertes, que genere la reducción de los valores próximos a cero, la carga de los hidróxidos u óxidos metálicos, va generar que se dé la coagulación. También se pueden añadirse electrolitos para coagular suspensiones coloidales (Romero, 2012).

La floculación es el proceso que ocurre simultáneamente después de la coagulación. Facilita la aglomeración de los flóculos, con el objetivo de aumentar el

tamaño y peso necesario para sedimentar las partículas con facilidad. Este proceso es favorecido por el mezclado lento que permite juntar poco a poco los flóculos. Un mezclado muy intenso los rompe y raramente se vuelven a formar en su tamaño y fuerza óptimos (Aguilar, 2010).

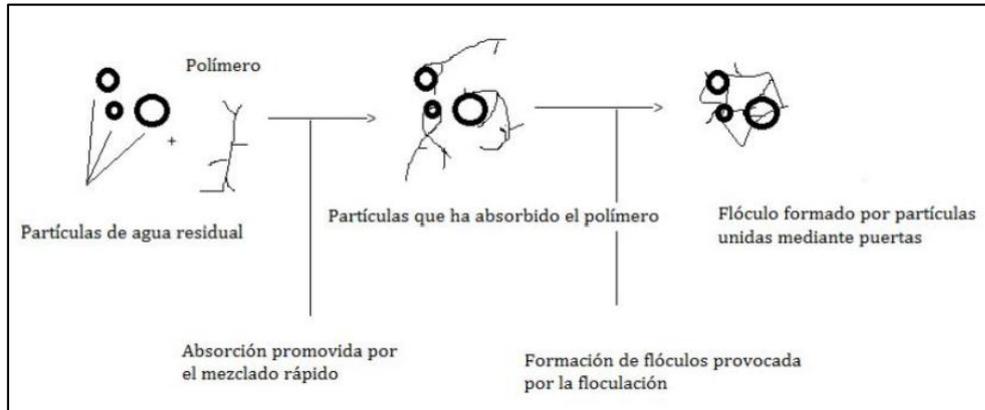
Romero (2012) señala que para lograr agregación de partículas se debe reducir las cargas o superar el efecto de estas. Esto se realiza mediante diferentes tipos de mecanismos:

- 1) La adición de iones que determinen el potencial, los cuales serán absorbidos o reaccionarán con la superficie o la adición de electrolitos.
- 2) La adición de moléculas orgánicas de cadena larga cuyas subunidades sean ionizables; estos son llamando polielectrolitos, que producen la eliminación de partículas por medio de la absorción y la formación de puentes entre ellos.
- 3) La adición de productos químicos que formen iones metálicos hidrolizados.

Los polielectrolitos pueden ser naturales o sintéticos. Los naturales son polímeros de origen biológico y derivados del almidón. Los sintéticos consisten en monómeros simples que polimerizan para formar sustancias de alto peso molecular. Existen tres tipos polielectrolitos, pueden ser aniónicos, catiónicos o no iónicos (Metcalf & Eddy, 1995). En la Figura 2 se observa la acción del polímero sobre las partículas del agua residual.

**Figura 2**

*Formación de puentes entre partículas de polímeros orgánicos*



Fuente: Metcalf & Eddy (1995).

### **2.2.15 Componentes activos de la moringa en la coagulación**

Ndabigengesere et al. (1995), los agentes activos del extracto acuoso de la moringa son proteínas catiónicas solubles en agua. Las determinaciones de su peso molecular fueron analizadas por diferentes técnicas, uno de ellos fue mediante la electroforesis en gel de poliácridamida (SDS-PAGE) en condiciones reductoras y no reductoras, usando geles de 15 %. Los resultados mostraron que la proteína natal era una dimérica de 13 kDa con subunidades de aproximadamente 6.5 kDa. Resultados similares fueron reportados por Gassen et al. (1990) citados por Ndabigengesere et al. (1995) quienes encontraron que las proteínas activas tenían un peso molecular de 6.5 kDa.

Okuda et al. (2001), indican que el componente activo de coagulación de MOC-SC-pc (coagulante de Moringa oleífera en solución salina purificada) tiene características diferentes de la que se extrae el coagulante de Moringa oleífera utilizando agua destilada (MOC-DW). Concluyendo que el MOC-SC-pc no es proteína, ni polisacárido, ni lípido, es un polielectrólito orgánico con peso molecular aproximadamente 3.0 kDa. Por otro lado, Ghebremichael et al. (2005), la masa

molecular del extracto de moringa purificado determinado por SDS-PAGE en un mini gel de 10 %, fue menor de 6.5 kDa. Además, informaron que tanto los coagulantes del extracto de moringa extraídas en solución salina, como el extracto de moringa extraídas con agua, tuvieron características similares. Gassenchmidt et al. (1995), citado por Hassan (2013), indica que los componentes activos de moringa, como coagulante, son péptidos catiónicos de peso molecular que va entre 6.5 -7.0 kDa y pH mayor que 10.

### **2.3 Conceptual.**

Las aguas residuales sintéticas presentan índices de turbiedad, es por ello que se aplicará las semillas de moringa oleífera que muestran propiedades coagulantes, como una alternativa para el tratamiento de estas aguas.

La coagulación viene a ser un proceso de la desestabilización química de las partículas coloidales, que se producen al neutralizar las fuerzas que las mantienen separadas por medio de la adición de los coagulantes químicos y la aplicación de la energía de mezclado.

Se debe de considerar la dosis del coagulante condicionará el funcionamiento de las unidades de decantación y es imposible realizar una clarificación, si la cantidad de coagulante no es la óptima. La floculación es el proceso que ocurre simultáneamente después de la coagulación. Facilita la aglomeración de los flóculos, con el objetivo de aumentar el tamaño y peso necesario para sedimentar las partículas con facilidad. Este proceso es favorecido por el mezclado lento que permite juntar poco a poco los flóculos. Un mezclado muy intenso los rompe y raramente se vuelven a formar en su tamaño y fuerza óptimos.

## 2.4 Definición de términos básicos.

**Absorción:** Fijación y concentración selectiva de sólidos disueltos en el interior de un material sólido, por difusión (Ingeniería y Gestión, 2012).

**Adsorción:** Fenómeno fisicoquímico que consiste en la fijación de sustancias gaseosas, líquidas o moléculas libres disueltas en la superficie de un sólido (Ingeniería y Gestión, 2012).

**Afluente:** Agua que entra a una unidad de tratamiento, o inicia una etapa, o el total de un proceso de tratamiento (Ingeniería y Gestión, 2012).

**Agua turbia sintética:** Es aquella agua que se obtiene de laboratorio simulando a un agua residual.

**Coagulación:** Proceso mediante el cual se desestabiliza o anula la carga eléctrica de las partículas presentes en una suspensión, mediante la acción de una sustancia coagulante para su posterior aglomeración en el floculador (Ingeniería y Gestión, 2012).

**Coagulante:** Un coagulante es una sustancia que favorece la separación de una fase insoluble en agua por medio de sedimentación. El coagulante es un compuesto químico que inestabiliza la materia suspendida en forma coloidal, a través de la alteración de la capa iónica cargada eléctricamente que rodea a las partículas coloidales (Vela, 2016).

**Efluente:** Agua que sale de un depósito o termina una etapa o el total de un proceso de tratamiento (Ingeniería y Gestión, 2012).

**Floculación:** Formación de partículas aglutinadas o flóculos. Proceso inmediato a la coagulación (Ingeniería y Gestión, 2012).

**Floculador:** Estructura diseñada para crear condiciones adecuadas para aglomerar las partículas desestabilizadas en la coagulación y obtener flóculos grandes y pesados que decanten con rapidez y que sean resistentes a los esfuerzos cortantes que se generan en el lecho filtrante (Ingeniería y Gestión, 2012).

**Flóculos:** Partículas desestabilizadas y aglomeradas por acción del coagulante (Ingeniería y Gestión, 2012).

**Moringa oleífera:** Es un árbol procedente de la región de la India y Paquistán donde se utiliza como alimento, medicina y fuente de energía. Durante siglos se ha extendido su cultivo en las regiones tropicales y subtropicales de la tierra por su rápido crecimiento (hasta tres metros por año) y sus múltiples usos.

**Sedimentación:** Proceso de remoción de partículas discretas por acción de la fuerza de gravedad (Ingeniería y Gestión, 2012).

### III HIPÓTESIS Y VARIABLES

#### 3.1 Hipótesis.

##### 3.1.1 Hipótesis general

La aplicación del polvo de moringa (moringa oleífera) como coagulante natural nos permitirá obtener una remoción de turbiedad en el agua turbia sintética mayor del 90%.

##### 3.1.2 Hipótesis específica

- a) **H1:** El tamaño de partícula del polvo de moringa (moringa oleífera), si tiene una influencia significativa en el porcentaje de remoción.
  
- b) **H2:** La concentración del polvo de moringa (moringa oleífera), si tiene una influencia significativa en el porcentaje de remoción.
  
- c) **H3:** Existe influencia significativa de la turbidez del agua, sobre el porcentaje de remoción de turbiedad, con la aplicación de polvo de moringa (moringa oleífera).

### 3.2 Definición conceptual de variables

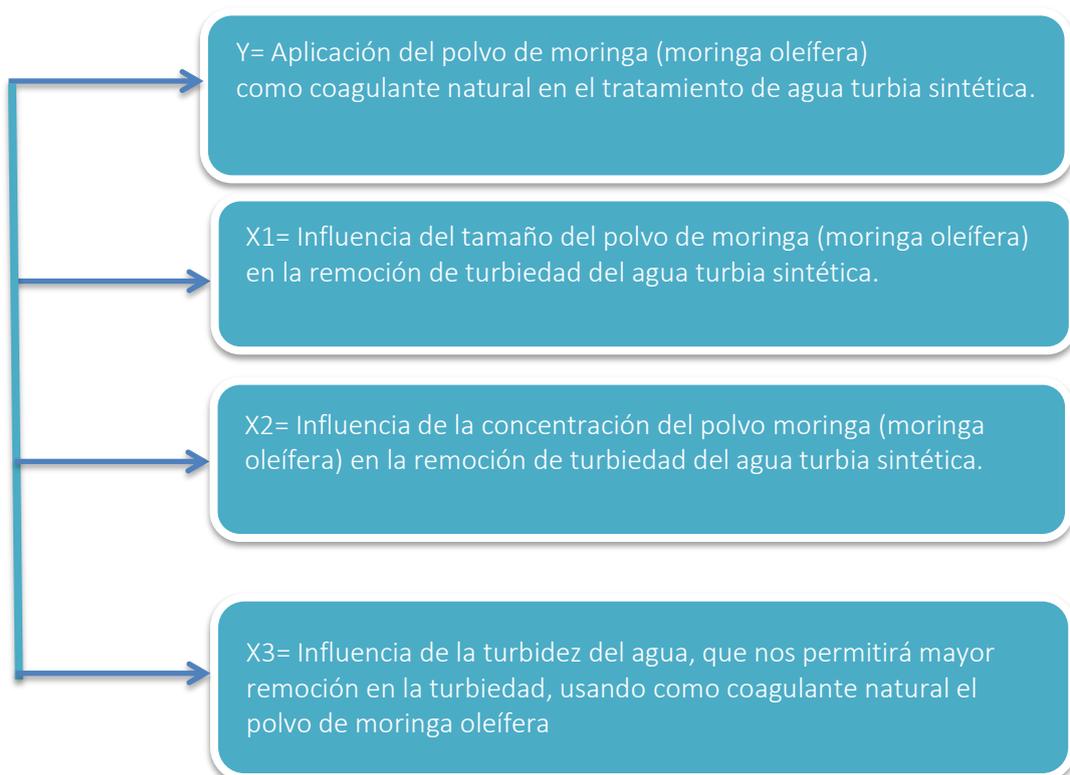
La presente investigación se caracteriza por ser longitudinal estudiando la variable a lo largo del tiempo establecido, por ser éste el determinante en la relación causa efecto.

Por su naturaleza, todas las variables identificadas son del tipo cualitativas y cuantitativas. Por su dependencia Y es dependiente, y las variables  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  son independientes.

Es decir:  $Y=f(X_1, X_2, X_3)$ . La figura 3 muestra la relación entre las variables

#### **Figura 3**

*Relación de las Variables de la Investigación*



### 3.2.1 Operacionalización de variable.

En la tabla 6 se muestra la relación entre las variables dependiente e independientes con sus indicadores respectivos, para su análisis.

**Tabla6**

*Operacionalización de variables*

VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
<b>Dependiente</b>				
Y= Aplicación del polvo de moringa (moringa oleífera) como coagulante natural en el tratamiento de agua turbia sintética	Polvo de moringa está elaborado de sus semillas, las cuales tienen alto poder coagulante ideal para el tratamiento primario del agua.	Turbiedad  pH  Conductividad  Color	NTU  Adimensional  $\mu\text{S/cm}$  UCV escala Pt/Co	Método 2120 B Visual Comparison Method Método 4500 - H+ pH Value Método2510 Laboratory Method Método 2130B Nephelometric Method
<b>Independientes</b>				
X <sub>1</sub> = Influencia del tamaño del polvo de moringa (moringa oleífera) que nos permitirá una mejor coagulación en el agua turbia sintética.	El tamaño de partícula del polvo de moringa se puede definir de forma cuantitativa por su diámetro el cual es determinado por un tamiz.	Micras	$\mu\text{m}$	Ensayos de laboratorio
X <sub>2</sub> = Influencia de la concentración del polvo moringa (moringa oleífera) en la remoción de turbiedad del agua turbia sintética.	La concentración nos permite conocer con exactitud la cantidad de polvo de semillas de moringa (soluto) en relación con el agua destilada (solvente).	Concentración	ppm	Ensayos de laboratorio
X <sub>3</sub> = Influencia de la turbidez del agua, que nos permitirá mayor remoción en la turbiedad, usando como coagulante natural el polvo de moringa oleífera	La turbidez se define como la medida del grado en que el agua va perdiendo su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión.	Turbidez	NTU	Método 2120 B Visual Comparison Method

*Nota: NTU: Unidad Nefelométrica de turbidez, UCV: Unidad de color verdadero*

## IV DISEÑO METODOLÓGICO

### 4.1 Tipo y diseño de investigación.

Los tipos de investigación que se realizarán en el presente trabajo de tesis son:

**Por su finalidad** es aplicado, porque el polvo de semillas de moringa oleífera podrá ser utilizado como una alternativa de coagulante natural para mejorar la calidad del agua.

**Por su diseño interpretativo** es experimental porque permitirá manipular el factor causal para determinar el efecto deseado.

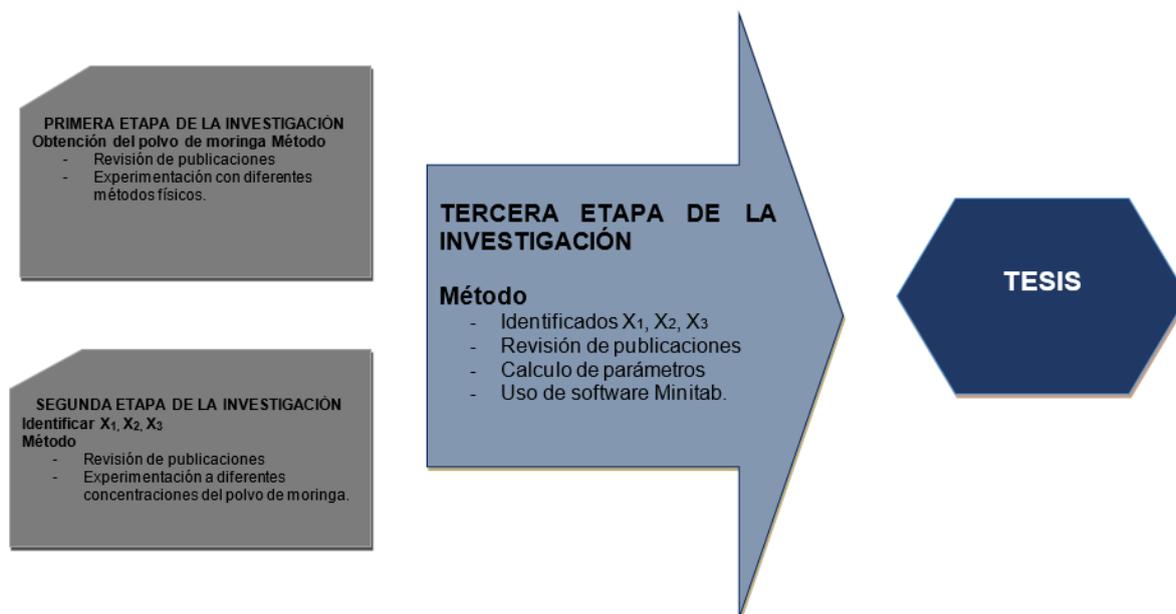
**Por el énfasis de la naturaleza de los datos manejados** es del tipo cualitativo y cuantitativo porque las variables de la investigación son cualitativas y cuantitativas.

En el diseño de la investigación se consideró 5 etapas, empezando por la obtención del polvo de semillas de moringa (moringa oleífera), luego se identificarán las tres variables específicas ( $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ ) y se desarrollará la variable principal ( $Y$ ).

El esquema de las etapas de la investigación se muestra en la figura 4

## Figura 4

### *Diseño de la investigación*



### **4.2 Método de investigación.**

El diseño metodológico que se utilizó para la parte experimental de la presente investigación, se dividió en cinco partes, la primera parte es en relación al acondicionamiento de las semillas de moringa como coagulante natural previo a ser triturados, clasificados por tamaños y luego extraer su aceite por el método Soxhlet, la segunda parte es la preparación de las soluciones coagulantes a partir de las semillas de moringa, a diferentes concentraciones a 100% de moringa , 50% de moringa y 50% de sulfato de aluminio y 100% sulfato de aluminio, la tercera parte es la preparación de la solución del agua sintética (solución de caolín), toma de muestra y selección de parámetros fisicoquímicos, la cuarta parte donde se aplica la técnica de Test de jarras para determinar la concentración óptima para tratar el agua sintética preparada y por último se establece la metodología para el análisis de resultados mediante pruebas estadísticas que sustenten los datos.

## **Acondicionamiento de las semillas de moringa**

Una vez que se obtuvo las semillas de moringa se procedió a quitar las cascarras de forma manual. Una vez teniendo las semillas peladas, se pesaron alrededor de 50gr y se dejaron secar por 24 horas, después se trituraron en un mortero hasta que se obtuvo una harina fina. Posteriormente se tamizó la harina en mallas de 140  $\mu\text{m}$  y 100  $\mu\text{m}$ , una vez obtenido el polvo de semillas de moringa se sometió al proceso de extracción del aceite de la harina a través del método de extracción por Soxhlet durante 4 horas usando como solvente n- hexano, con la finalidad de que la solución no se torne una coloración amarillenta, como paso final después de la extracción del soxhlet se dejó secar en la estufa por 24 horas.

### **Figura 5**

*Acondicionamiento de las semillas de moringa.*



### **Preparación de las soluciones coagulantes**

Una vez obtenida el polvo de semilla de moringa a los diferentes tamaños de 140  $\mu\text{m}$  y 100  $\mu\text{m}$  se prepararán para cada tamaño de partícula las siguientes soluciones:

A la solución del coagulante natural puro al 100% se codifico con el código S1, se preparó al 2% de concentración, se requirieron 2 g de harina de semillas de moringa sin aceite y se diluyo en 100 ml de agua destilada, utilizando un matraz aforado. Para

la segunda solución S2 se preparó con 1g de harina de semillas de moringa sin aceite y 1 g de  $Al_2 (SO_4)_3$  la cual se diluyó en 100 ml de agua destilada, utilizando un matraz aforado, también se preparó la solución S3 al 100 % de  $Al_2 (SO_4)_3$  con 2 g, cada una de estas soluciones se aplicó a 5 ppm, 10 ppm, 20ppm, 40 ppm al ensayo de test de jarras para la determinación de concentración óptima para la remoción de la turbiedad. En la tabla 7 se describen las concentraciones de cada floculante, así como la clave de identificación para cada tratamiento.

**Tabla 7**

*Códigos de concentraciones para las soluciones coagulantes*

<i>Moringa Oleífera</i>	<b>Sulfato de aluminio <math>Al_2 (SO_4)_3</math></b>	<b>Código</b>
2 g	0	S1
1.0g	1.0 g	S2
0	2 g	S3

Para el tamaño de partícula 100  $\mu m$  se utilizó la codificación S1, S2 y para 140  $\mu m$  se utilizó S´1, S´2, las soluciones se guardaron en frascos rotulados.

### **Preparación de las aguas sintéticas**

Andía (2000) la fuente de abastecimiento de la planta de tratamiento de agua para consumo humano “La Atarjea”, es el río Rímac, cuyo valor promedio de turbiedad en épocas de lluvia y estiaje es de 300 y 15 NTU, respectivamente.

Se considero está referencia y se optó por preparar aguas sintéticas con rango de turbidez baja, media, alta con los valores de 150, 300 y 600 NTU respectivamente.

López et al. (2011), quien preparó una “solución patrón” compuesta por arcilla disuelta en agua destilada, a partir de la cual realizaron disoluciones hasta lograr el nivel de turbidez deseado.

Se consideró dicha metodología como referencia, se pesó 10 g de caolín en 1000 ml de agua destilada, esta solución se mezcló durante media hora con un agitador magnético y se dejó reposar por 24 horas.

Una vez retirado el agua turbia sintética del material que se había sedimentado, esta agua turbia fue nuestra "solución patrón", de esta se obtuvieron los niveles de turbidez deseados 150, 300 y 600 NTU.

### **Figura 6**

*Midiendo parámetros fisicoquímicos del agua sintética*



### **Test de jarras**

Para la prueba de jarras se programó tanto la velocidad y tiempo para la homogenización (50 RPM / 10 segundos), mezcla rápida (200 RPM/ 1 minuto) y mezcla lenta (40 RPM/ 15 minutos).

Se contó con un equipo de capacidad para 4 jarras en las que se colocó el agua turbia sintética y se evaluó el comportamiento de las soluciones descrita en la tabla N°7 a diferentes dosis 5,10,20 y 40 ppm.

Puesto en marcha el equipo, inició con la homogenización de la muestra de agua sintética a tratar, inmediatamente se programó la mezcla rápida y se le añadió a cada

jarra la dosis respectiva del coagulante, de manera simultánea en la zona de turbulencia, finalmente una mezcla lenta y el equipo se apagó automáticamente. Para tener mayor control de las muestras al momento de la lectura se optó por realizar un tratamiento por día de cada tamaño clasificado, se replicó cada muestra 3 veces.

### **Figura 7**

*Jarra de test y toma de parámetros después del tratamiento*



Después, se procedió a retirar las jarras y se dejó sedimentar, tomando cada 30 minutos valores que se midió como la turbiedad residual, adicionalmente se midieron parámetros fisicoquímicos (pH, conductividad y color).

#### **4.3 Población y muestra.**

La población y la muestra fueron las mismas, tomándose el total de los 156 litros que se preparó para esta investigación con los diferentes niveles de turbiedad inicial (150, 300 y 600 NTU).

Detallando a continuación los 72 litros fue para la solución 1 de coagulante natural de moringa al 100 % para los diferentes tamaños, 72 litros fue para la solución 2 de moringa/ sulfato de aluminio y de forma adicional se tomó 12 litros para tratarlo con la solución 3, 100% de sulfato de aluminio.

#### 4.4 Lugar de estudio y periodo desarrollado.

El lugar de la investigación se dio en los laboratorios de la Industrias DQ INDUSTRIAS DQ S.A.C donde se extrajo el aceite del polvo de moringa ya en el tratamiento del agua sintética se desarrolló en los laboratorios de SQA PERÚ S.A.C. El periodo en el cuál se desarrollo está investigación fue noviembre 2020 – julio 2021.

#### 4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.

Entre los instrumentos que se utilizó para los análisis y tratamientos experimentales para la recolección de datos se tiene detallado en la tabla 8:

**Tabla 8**

*Equipos, materiales de laboratorio, insumos y reactivos.*

<b>Equipos</b>	Equipo espectrofotómetro digital modelo DR 900 , marca HACH Equipo turbidímetro modelo 2100Q, marca HACH Medidor multiparametro HQ40d, marca HACH Equipo de test de Jarras x4, marca VELP SCIENTIFICA Equipo Soxhlet Balanza analítica al 0.0001g Estufa Calentador eléctrico, con agitador magnetico Equipo de tamiz
<b>Materiales de laboratorio</b>	Fiola de 100 ml Vaso precipitado de 100, 250, 1000ml Bagueta Pisetas Jeringas Soporte universal Mortero manual
<b>Insumos y Reactivos</b>	Agua destilada N- Hexano al 95% Sulfato de aluminio

#### **4.6 Análisis y procesamiento de datos.**

Después de que se obtuvo los resultados del diseño experimental nos dio resultados importantes que se analizaron en el software estadístico minitab 19, el cual ayudó a identificar si los parámetros operacionales planteados influyeron significativamente en el porcentaje de remoción de la turbiedad para poder discutir con las hipótesis planteadas. También permitió obtener gráficos y tablas que nos ayudaron a resumir los datos e interpretarlos estadísticamente.

## V RESULTADOS

### 5.1 Resultados descriptivos.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos con el tratamiento de coagulante de moringa al 100% y coagulante de moringa 50 % con Sulfato de aluminio al 50%, con tamaños de partícula de moringa de 100 y 140µm para diferentes niveles de turbidez al cabo de 1 hora.

#### Turbidez a 150 NTU

**Tabla 9**

*Resultado con 100 % moringa (100µm) para 150 NTU*

Concentración	Ensayo 1	% Remoción	Ensayo 2	% Remoción	Ensayo 3	% Remoción	Promedio % Remoción	CV %
5 ppm	29	80.7%	28	81.3%	28	81.3%	81.1%	0.5%
10 ppm	22	85.3%	22	85.3%	21	86.0%	85.6%	0.4%
20 ppm	18	88.0%	17	88.7%	16	89.3%	88.7%	0.8%
40 ppm	12	92.0%	12	92.0%	12	92.0%	92.0%	0.0%

**Tabla 10**

*Resultado con 50 % moringa (100µm) / 50% Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> para 150 NTU*

Concentración	Ensayo 1	% Remoción	Ensayo 2	% Remoción	Ensayo 3	% Remoción	Promedio % Remoción	CV %
5 ppm	15	90.0%	15	90.0%	15	90.0%	90.0%	0.0%
10 ppm	11	92.7%	11	92.7%	11	92.7%	92.7%	0.0%
20 ppm	3	98.0%	5	96.7%	3	98.0%	97.6%	0.8%
40 ppm	0.7	99.5%	0.7	99.5%	0.8	99.5%	99.5%	0.0%

**Tabla 11**

*Resultado con 100 % moringa (140µm) para 150 NTU*

Concentración	Ensayo 1	% Remoción	Ensayo 2	% Remoción	Ensayo 3	% Remoción	Promedio % Remoción	CV %
5 ppm	24	84.0%	25	83.3%	26	82.7%	83.3%	0.8%
10 ppm	18.7	87.5%	18	88.0%	18.9	87.4%	87.6%	0.4%
20 ppm	14	90.7%	13	91.3%	13	91.3%	91.1%	0.4%
40 ppm	11	92.7%	12	92.0%	12	92.0%	92.2%	0.4%

**Tabla 12***Resultado con 50 % moringa (140µm) / 50% Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> para 150 NTU*

Concentración	Ensayo 1	% Remoción	Ensayo 2	% Remoción	Ensayo 3	% Remoción	Promedio % Remoción	CV %
5 ppm	17.4	88.4%	17	88.7%	17.6	88.3%	88.4%	0.2%
10 ppm	10.6	92.9%	11	92.7%	10.4	93.1%	92.9%	0.2%
20 ppm	5.48	96.3%	5.4	96.4%	5.31	96.5%	96.4%	0.1%
40 ppm	1.5	99.0%	1	99.3%	1.4	99.1%	99.1%	0.2%

**Turbidez a 300 NTU****Tabla 13***Resultado con 100 % moringa (100µm) para 300 NTU*

Concentración	Ensayo 1	% Remoción	Ensayo 2	% Remoción	Ensayo 3	% Remoción	Promedio % Remoción	CV %
5 ppm	48	84.0%	49	83.7%	53	82.3%	83.3%	1.1%
10 ppm	44	85.3%	48	84.0%	47	84.3%	84.6%	0.8%
20 ppm	34	88.7%	36	88.0%	39	87.0%	87.9%	1.0%
40 ppm	17	94.3%	19	93.7%	20	93.3%	93.8%	0.5%

**Tabla 14***Resultado con 50 % moringa (100µm) / 50% Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> para 300 NTU*

Concentración	Ensayo 1	% Remoción	Ensayo 2	% Remoción	Ensayo 3	% Remoción	Promedio % Remoción	CV %
5 ppm	14	95.3%	15	95.0%	18	94.0%	94.8%	0.7%
10 ppm	4	98.7%	5	98.3%	4	98.7%	98.6%	0.2%
20 ppm	0.5	99.8%	0.5	99.8%	0.5	99.8%	99.8%	0.0%
40 ppm	0.3	99.9%	0.3	99.9%	0.3	99.9%	99.9%	0.0%

**Tabla 15***Resultado con 100 % moringa (140µm) para 300 NTU*

Concentración	Ensayo 1	% Remoción	Ensayo 2	% Remoción	Ensayo 3	% Remoción	Promedio % Remoción	CV %
5 ppm	43	85.7%	43	85.7%	44	85.3%	85.6%	0.2%
10 ppm	40	86.7%	42	86.0%	40	86.7%	86.4%	0.4%
20 ppm	33	89.0%	34	88.7%	33	89.0%	88.9%	0.2%
40 ppm	20	93.3%	20	93.3%	19	93.7%	93.4%	0.2%

**Tabla 16***Resultado con 50 % moringa (140 $\mu$ m) / 50% Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> para 300 NTU*

Concentración	Ensayo 1	% Remoción	Ensayo 2	% Remoción	Ensayo 3	% Remoción	Promedio % Remoción	CV %
5 ppm	26	91.3%	25	91.7%	25	91.7%	91.6%	0.2%
10 ppm	17	94.3%	15	95.0%	17	94.3%	94.6%	0.4%
20 ppm	7	97.7%	6	98.0%	7	97.7%	97.8%	0.2%
40 ppm	5	98.3%	5	98.3%	5	98.3%	98.3%	0.0%

**Turbidez 600 NTU****Tabla 17***Resultado con 100 % moringa (100 $\mu$ m) para 600 NTU*

Concentración	Ensayo 1	% Remoción	Ensayo 2	% Remoción	Ensayo 3	% Remoción	Promedio % Remoción	CV %
5 ppm	23	96.2%	24	96.0%	23	96.2%	96.1%	0.1%
10 ppm	14	97.7%	14	97.7%	14	97.7%	97.7%	0.0%
20 ppm	13	97.8%	13	97.8%	13	97.8%	97.8%	0.0%
40 ppm	12	98.0%	12	98.0%	12	98.0%	98.0%	0.0%

**Tabla 18***Resultado con 50 % moringa (100 $\mu$ m) / 50% Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> para 600 NTU*

Concentración	Ensayo 1	% Remoción	Ensayo 2	% Remoción	Ensayo 3	% Remoción	Promedio % Remoción	CV %
5 ppm	5	99.2%	5	99.2%	5	99.2%	99.2%	0.0%
10 ppm	4	99.3%	4	99.3%	4	99.3%	99.3%	0.0%
20 ppm	0.7	99.9%	0.6	99.9%	0.7	99.9%	99.9%	0.0%
40 ppm	0.5	99.9%	0.6	99.9%	0.6	99.9%	99.9%	0.0%

**Tabla 19***Resultado con 100 % moringa (140 $\mu$ m) para 600 NTU*

Concentración	Ensayo 1	% Remoción	Ensayo 2	% Remoción	Ensayo 3	% Remoción	Promedio % Remoción	CV %
5 ppm	12	98.0%	11	98.2%	12	98.0%	98.1%	0.1%
10 ppm	9	98.5%	10	98.3%	10	98.3%	98.4%	0.1%
20 ppm	8	98.7%	7	98.8%	8	98.7%	98.7%	0.1%
40 ppm	5	99.2%	4	99.3%	6	99.0%	99.2%	0.2%

**Tabla 20***Resultado con 50 % moringa (140µm) / 50% Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> para 600 NTU*

Concentración	Ensayo 1	% Remoción	Ensayo 2	% Remoción	Ensayo 3	% Remoción	Promedio % Remoción	CV %
5 ppm	6	99.0%	6	99.0%	6	99.0%	99.0%	0.0%
10 ppm	4	99.3%	4	99.3%	4	99.3%	99.3%	0.0%
20 ppm	2	99.7%	3	99.5%	3	99.5%	99.6%	0.1%
40 ppm	0.6	99.9%	0.6	99.9%	0.8	99.9%	99.9%	0.0%

### 5.1.1. Resultados del análisis estadístico de las pruebas experimentales

Se analiza para el caso de la solución que contiene 100% de moringa

#### Diseño factorial de múltiples niveles

Factores: 3                      Réplicas: 3  
 Corridas base: 24              Total de corridas: 72  
 Bloques base: 1                Total de bloques: 1

Número de niveles: 2; 4; 3

**Tabla 21***Análisis de varianza para el porcentaje de remoción de turbidez*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor
Modelo	23	2338.35	101.667	479.69	0.000
Lineal	6	2136.90	356.151	1680.40	0.000
tamaño de partícula	1	32.40	32.401	152.88	0.000
concentración	3	445.25	148.418	700.27	0.000
turbidez	2	1659.25	829.624	3914.35	0.000
Interacciones de 2 términos	11	192.44	17.494	82.54	0.000
tamaño de partícula*concentración	3	11.79	3.931	18.54	0.000
tamaño de partícula*turbidez	2	0.81	0.407	1.92	0.158
concentración*turbidez	6	179.83	29.972	141.41	0.000
Interacciones de 3 términos	6	9.01	1.501	7.08	0.000
tamaño de partícula*concentración*turbidez	6	9.01	1.501	7.08	0.000

Resumen del modelo:

$R^2 = 99.57 \%$ , este valor nos muestra la precisión del modelo para representar adecuadamente al conjunto de datos observados.

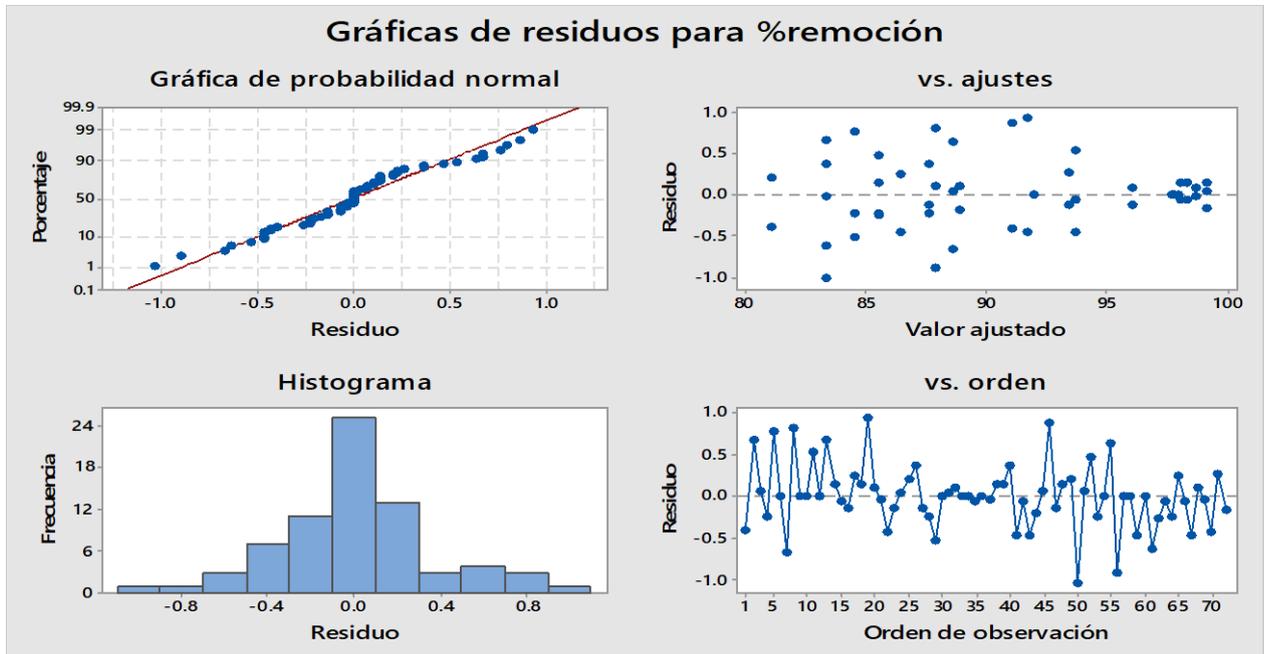
Optimización del modelo:

Los parámetros operacionales los cuales mostraron un valor de  $p < 0,05$ , que indican un efecto significativo sobre las variables respuesta

A continuación, se muestran la figura 8

### Figura 8

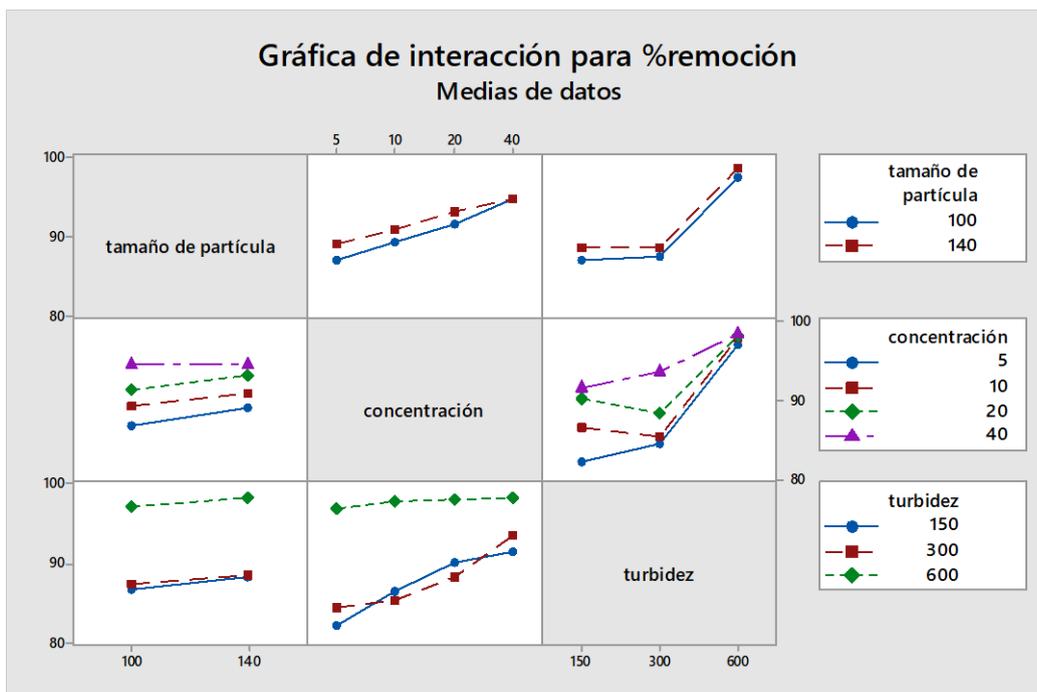
Gráficas de residuos para % remoción



Interpretación: En la figura N°8 podemos notar que las gráficas muestran que los 72 datos provienen de una distribución normal.

### Figura 9

Gráficas de interacción para % remoción con 100% moringa (Mo)



Interpretación: En la figura N°9 podemos notar que cada gráfica muestra el comportamiento de los factores y su correlación entre ellas para afectar a la variable respuesta (% Remoción de turbiedad).

### Optimización de respuesta: %remoción

Parámetros

Respuesta	Meta	Inferior	Objetivo	Superior	Ponderación	Importancia
%remoción	Máximo	80.7	100		1	1

Solución

Solución	tamaño de partícula	concentración	turbidez	%remoción Ajuste	Deseabilidad compuesta
1	140	40	600	99.1667	0.956822

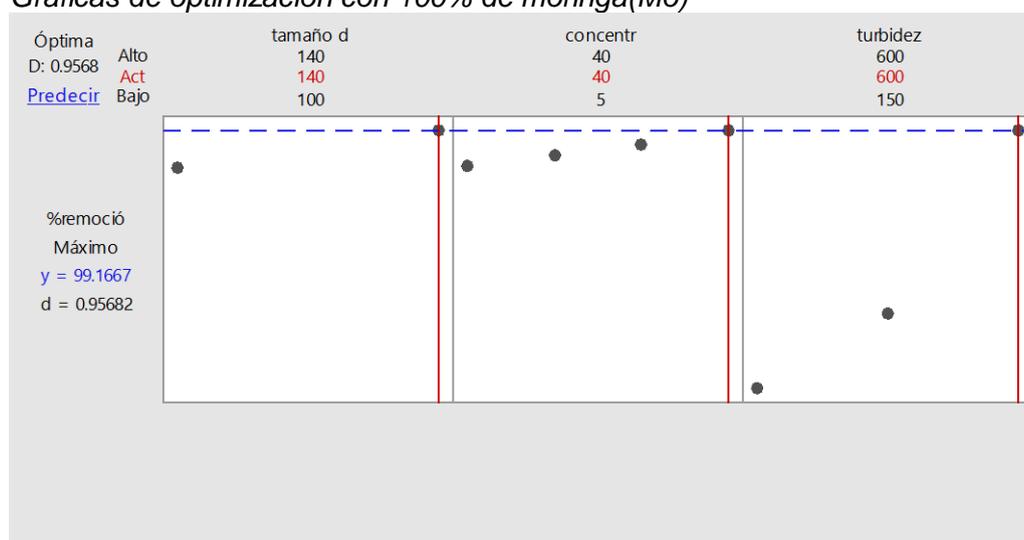
Predicción de respuesta múltiple

Variable	Valor de configuración
tamaño de partícula	140
concentración	40
turbidez	600

Respuesta	Ajuste	EE de ajuste	IC de 95%	IP de 95%
%remoción	99.167	0.266	(98.632; 99.701)	(98.098; 100.236)

### Figura 10

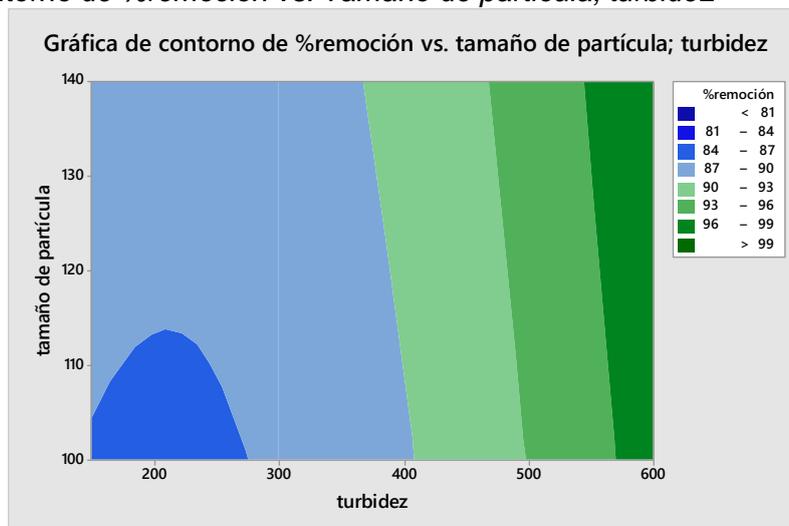
#### Gráficas de optimización con 100% de moringa(Mo)



Interpretación: En la figura N°10, obtenemos los valores óptimos para un tamaño de partícula de moringa oleífera de 140µm, concentración 40ppm y grado de turbidez alta 600NTU.

**Figura 11**

*Gráficas de contorno de %remoción vs. Tamaño de partícula; turbidez*



Interpretación: En la figura N°11, obtenemos que los valores óptimos se encuentran en el verde de color intenso con un % de remoción de turbiedad en un rango de 96 a 99% para un tamaño de partícula de moringa oleífera de 140µm y grado de turbidez alta 600NTU.

Se analiza para el caso de la solución que contiene 50% de moringa /50% Sulfato de aluminio

**Diseño factorial de múltiples niveles**

Factores: 3                      Réplicas: 3  
 Corridas base: 24              Total de corridas: 72  
 Bloques base: 1                Total de bloques: 1

Número de niveles: 2; 4; 3

**Tabla 22**

*Análisis de varianza para el porcentaje de remoción de turbidez*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	23	844.397	36.713	604.88	0.000
Lineal	6	656.125	109.354	1801.72	0.000
tamaño de partícula	1	25.323	25.323	417.23	0.000
concentracion	3	339.413	113.138	1864.05	0.000
turbidez	2	291.389	145.694	2400.46	0.000
Interacciones de 2 términos	11	182.064	16.551	272.70	0.000
tamaño de partícula*concentracion	3	2.252	0.751	12.37	0.000
tamaño de partícula*turbidez	2	21.875	10.938	180.21	0.000
concentracion*turbidez	6	157.937	26.323	433.69	0.000
Interacciones de 3 términos	6	6.208	1.035	17.05	0.000
tamaño de partícula*concentracion*turbidez	6	6.208	1.035	17.05	0.000

Resumen del modelo:

$R^2 = 99.66 \%$ , este valor nos muestra la precisión del modelo para representar adecuadamente al conjunto de datos observados.

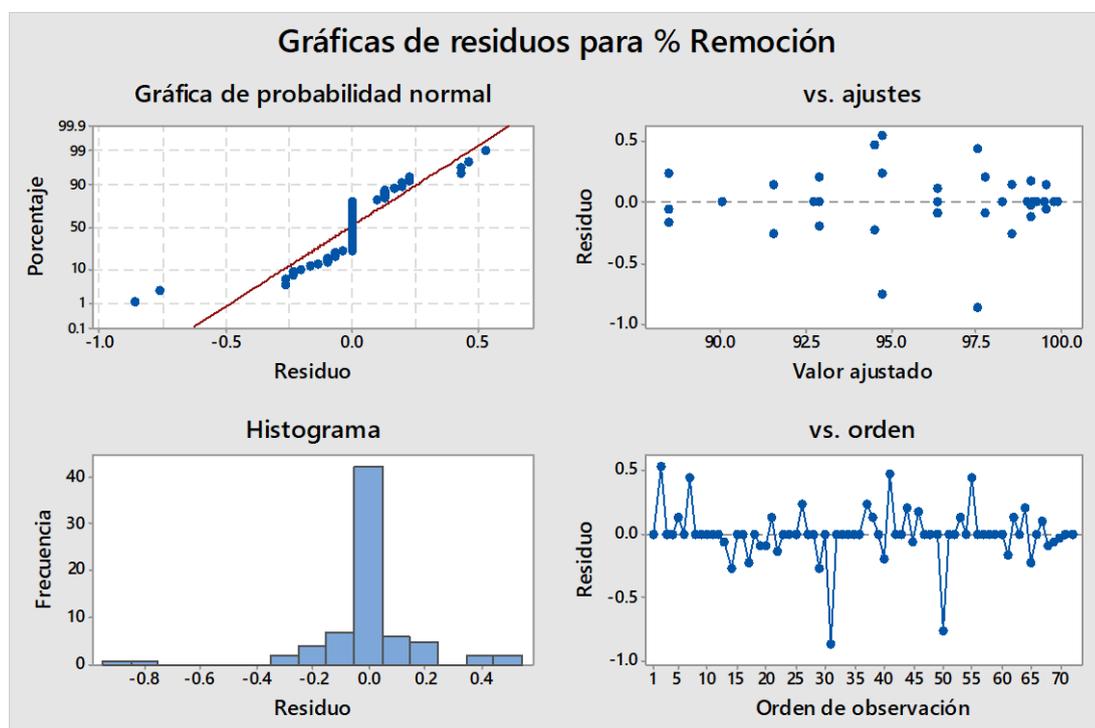
Optimización del modelo:

Los parámetros operacionales los cuales mostraron un valor de  $p < 0,05$ , que indican un efecto significativo sobre las variables respuesta

A continuación, se muestran la figura

### Figura 12

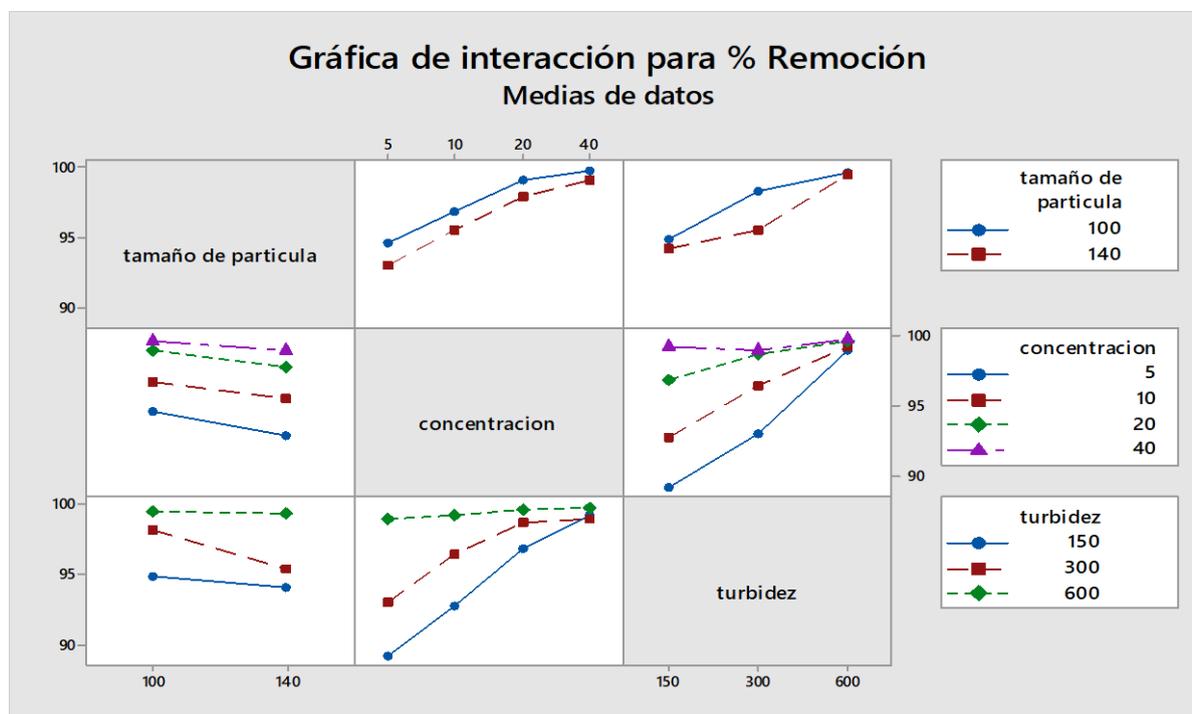
Gráficas de residuos para % remoción con 50% Mo / 50%  $Al_2(SO_4)_3$



Interpretación: En la figura N°12 podemos notar que las gráficas muestran que los 72 datos provienen de una distribución normal.

**Figura 13**

Gráficas de interacción para % remoción con 50% Mo / 50%  $Al_2(SO_4)_3$



Interpretación: En la figura N°13 podemos notar que cada gráfica muestra el comportamiento de los factores y su correlación entre ellas para afectar a la variable respuesta (% Remoción de turbiedad).

**Optimización de respuesta: %remoción**

Parámetros

Respuesta	Meta	Inferior	Objetivo	Superior	Ponderación	Importancia
% Remoción	Máximo	88.3	100		1	1

Solución

Solución	tamaño de partícula	concentracion	turbidez	% Remoción Ajuste	Deseabilidad compuesta
1	140	40	600	99.9	0.991453

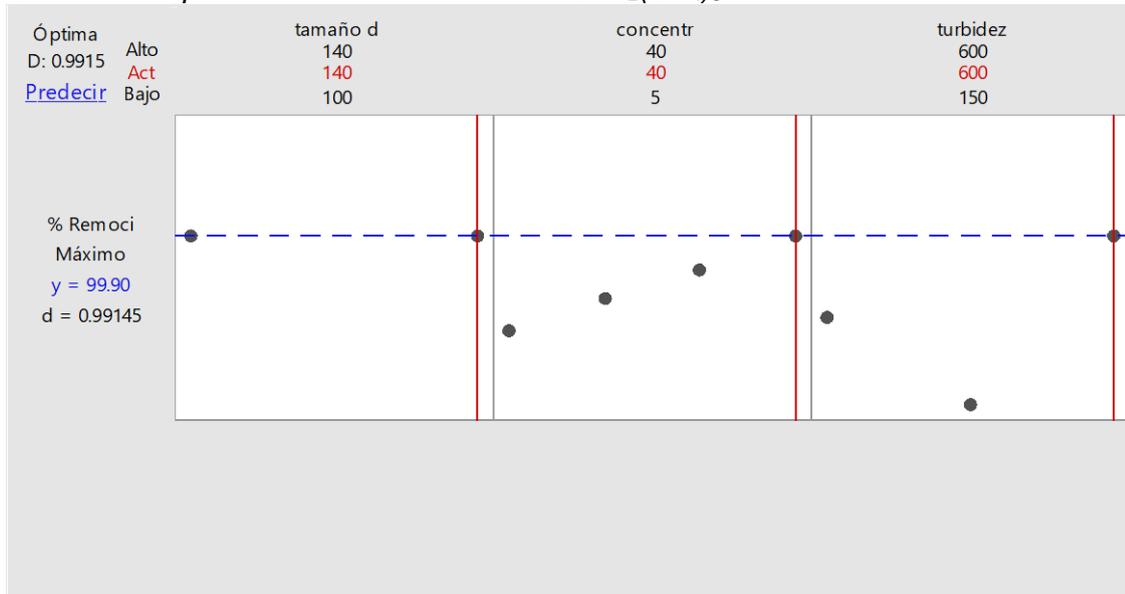
Predicción de respuesta múltiple

Variable	Valor de configuración
tamaño de partícula	140
concentracion	40
turbidez	600

Respuesta	Ajuste	EE de ajuste	IC de 95%	IP de 95%
% Remoción	99.900	0.142	(99.614; 100.186)	(99.328; 100.472)

**Figura 14**

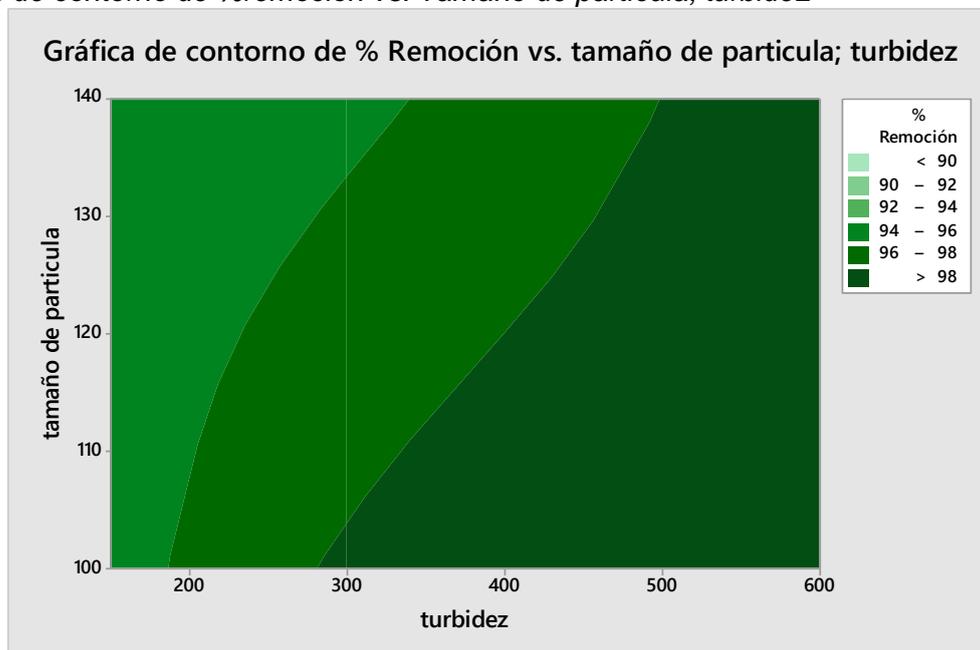
Gráficas de optimización con 50% Mo / 50%  $Al_2(SO_4)_3$



Interpretación: En la figura N°14, obtenemos los valores óptimos para un tamaño de partícula de moringa oleífera de 140µm, concentración 40ppm y grado de turbidez alta 600NTU.

**Figura 15**

Gráficas de contorno de %remoción vs. Tamaño de partícula; turbidez



Interpretación: En la figura N°15, obtenemos que los valores óptimos se encuentran en el verde de color intenso con un % de remoción de turbiedad en un rango mayor a 98% para un tamaño de partícula de moringa oleífera de 140µm y grado de turbidez alta 600NTU.

## **5.2 Resultados inferenciales.**

Debido a que nuestra investigación se trabajó en el total de la población, los resultados inferenciales para fines prácticos son del 100% por lo cual este subcapítulo no se desarrolló.

## **VI DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.**

- Contrastación de hipótesis específicas

#### **Influencia del tamaño de partícula del polvo de moringa (*moringa oleífera*) en el porcentaje de remoción**

Ho: El tamaño de partículas no tiene influencia significativa sobre la remoción de turbiedad.

Ha: El tamaño de partículas tiene influencia significativa sobre la remoción de turbiedad

Según el análisis de ANOVA se ha obtenido un valor de p igual a 0.00 para el tamaño de partículas. Tomando en cuenta que el valor de p es menor que 0.05, se rechaza Ho y se aprueba que la variable tamaño de partícula influye significativamente sobre el porcentaje de remoción de turbiedad.

#### **Influencia de la concentración del polvo de moringa (*moringa oleífera*) en el porcentaje de remoción**

Ho: La concentración del polvo de moringa no tiene influencia significativa sobre la remoción de turbiedad.

Ha: La concentración del polvo de moringa tiene influencia significativa sobre la remoción de turbiedad

Según el análisis de ANOVA se ha obtenido un valor de p igual a 0.00 para el tamaño de partículas. Tomando en cuenta que el valor de p es menor que 0.05, se rechaza

Ho y se aprueba que la variable concentración del polvo de moringa influye significativamente sobre el porcentaje de remoción de turbiedad.

**Influencia de la turbidez del agua, sobre el porcentaje de remoción de turbiedad, con la aplicación de polvo de moringa (moringa oleífera).**

Ho: La turbidez del agua a tratar no tiene influencia significativa sobre la remoción de turbiedad con la aplicación del polvo de moringa oleífera.

Ha: La turbidez del agua a tratar tiene influencia significativa sobre la remoción de turbiedad con la aplicación del polvo de moringa oleífera.

Según el análisis de ANOVA se ha obtenido un valor de p igual a 0.00 para el tamaño de partículas. Tomando en cuenta que el valor de p es menor que 0.05, se rechaza

Ho y se aprueba que la variable nivel de turbidez del agua influye significativamente sobre el porcentaje de remoción de turbiedad con la aplicación del polvo de moringa (moringa oleífera).

- Contrastación de hipótesis general

Cómo hipótesis general se planteó que la aplicación del polvo de moringa (moringa oleífera) como coagulante natural nos permitirá obtener una remoción de turbiedad en el agua turbia sintética mayor del 90%.

Se contrastó este valor con la optimización de repuesta en el % de remoción mayores a 98%, también como lo muestra la figura 15.

**6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares.**

El autor Acevedo (2019), en su investigación titulada: **“Uso de semillas de moringa (moringa oleífera) como floculante natural para la purificación de agua crudas de río negro, río de oro y quebrada Floridablanca, Santander”** planteo el uso de las semillas de moringa oleífera como un tratamiento primario para la potabilización del agua en sustitución del sulfato de aluminio. Las cuales usó en muestras de agua

en río negro, río de oro y quebrada Floridablanca, luego de ser caracterizadas, obtuvo el porcentaje de remoción de 90% a más.

Consiguiendo nuestra investigación como se mencionó en la parte experimental se simuló la turbidez del agua del río Rímac, cuyo valor promedio de turbiedad en épocas de lluvia y estiaje es de 300 y 15 NTU, respectivamente (Andia, 2000) y para el nivel de turbidez alta de 600 NTU, con una solución de 50% de moringa/ 50% de sulfato de aluminio se logró un porcentaje de remoción mayor al 98 %, valor de remoción obtenido también por Zeas B. (2018), en su investigación titulada: **Estudio técnico económico del uso de la moringa como coagulante-floculante en aguas superficiales**. Obtuvo una remoción de la turbidez del 98%, a comparación de los coagulantes usados comúnmente. Consiguiendo nuestra investigación logramos un porcentaje de remoción de turbidez 99 % para un agua turbia de 600 NTU con una concentración de 40 ppm de moringa oleífera. De igual manera Arenas D. (2019), en su investigación titulada: **efecto de la remoción del aceite de las semillas de moringa oleífera en el tratamiento de aguas por coagulación-floculación**. Obtuvo el porcentaje de remoción de 93%. Consiguiendo nuestra investigación logramos un porcentaje de remoción mayor al 95 % para aguas turbias con una turbiedad de 300 NTU.

Por otro lado, Álvarez B. (2018), en su investigación titulada: **Extracto de moringa (moringa oleífera) para la remoción de turbidez de efluentes de la producción de néctar de maracuyá** Obtuvo una disminución de la turbiedad de 92.5%, el color entre el rango de 71.57% hasta 79.80% y la conductividad eléctrica entre 2.43 a 2.96 mS/cm sin que su pH se vea alterado significativamente. Consiguiendo nuestra investigación logramos un porcentaje de remoción mayor al 95 % para aguas turbias con una turbiedad mayor a 300 NTU sin variaciones significativas del pH.

### **6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes**

Los autores de la investigación se responsabilizan por la información emitida en el presente trabajo de tesis, de acuerdo al Reglamento del Código de Ética de la investigación de la universidad Nacional del Callao, según Resolución de Consejo Universitario N°260-2019-CU.

## VII CONCLUSIONES

- El tamaño de partícula en nuestra investigación fue una de las variables a analizar para ello nuestro polvo de moringa oleífera después de haberle extraído la grasa y aceites se pasó por malla 100 y malla 140. Demostrando estadísticamente que, si influye significativamente el tamaño de partícula del polvo de moringa mientras más fino (140  $\mu\text{m}$ ) sea tendrá mayor porcentaje de remoción e incluso muy cercano al performance que tiene el sulfato de aluminio, lo cual quedo demostrado en nuestra parte experimental.
- Se demuestra estadísticamente que, si existe influencia de la concentración del polvo de moringa, en la parte experimental se determinó que la concentración apropiada del polvo moringa es 40 ppm para diferentes valores de turbidez con la solución moringa al 100% y la solución preparada al 50% de moringa/ 50% sulfato de aluminio.
- Se demuestra estadísticamente que, si existe influencia de la turbidez del agua al tratarlo con el polvo de moringa como coagulante natural, en la parte experimental se observó que mientras mayor sea la turbidez del agua a tratar, mejor será el desempeño de la moringa como coagulante natural, con la turbidez de 600 NTU se logró remover un valor mayor a 98%, como se pudo comprobar en nuestra investigación.
- El valor óptimo de remoción fue mayor a 98% con el tratamiento de polvo de moringa al 50% / 50% de sulfato de aluminio para una concentración de 40 ppm de esta solución tal como lo muestra la gráfica de optimización y también la figura 15 en la gráfica de contorno, donde el mayor valor de remoción se encuentra en más del 50 %de esa figura.

## VIII RECOMENDACIONES

- Extender el estudio del uso de las semillas de *Moringa oleífera* para el tratamiento de aguas turbias que posean una turbiedad inicial mayor de 600 NTU ya que en turbiedades menores no tiene un grado de remoción significativa a diferencia de otros coagulantes como el sulfato de aluminio.
- Comparar con otro solvente de extracción de semillas de *Moringa oleífera* de su aceite para la preparación de del coagulante natural y evaluar su eficiencia.
- Evaluar las variables duración del tiempo de extracción, temperatura de extracción, número de ciclos, relación muestra-solvente en el proceso de extracción de aceite con el equipo de Soxhlet con la finalidad de lograr la mayor cantidad de aceite extraído en el menor tiempo posible.
- Se recomienda extraer el aceite las semillas del polvo de moringa, debido a que la aplicación con aceite puede diferir en el color por presentar una tonalidad amarillento y medir datos errores en la turbiedad o color.

## IX REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acevedo, J. (2019). “Uso de semillas de moringa (moringa oleífera) como floculante natural para la purificación de aguas crudas de rio negro, rio de oro y Quebrada Floridablanca, Santander” [Tesis de titulación, Universidad de Santander]. Repositorio Universidad de Santander.

<https://repositorio.udes.edu.co/bitstream/001/1050/1/Uso%20de%20semillas%20de%20moringa%20%28moringa%20ole%C3%ADfera%29%20como%20floculante%20natural%20para%20la%20purificaci%C3%B3n%20de%20aguas%20crudas%20de%20Rio%20Negro%2C%20Rio%20De%20Oro%20y%20Quebrada%20Floridablanca%2C%20Santander..pdf>

Aguilar, E. (2010). “Utilización de la semilla de tara (Caesalpinia spinosa) como ayudante en la coagulación en el tratamiento de agua” [Tesis de titulación, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio, Universidad Nacional de Ingeniería.

<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/495>

Aho, Y. & Lagasi, J. (2012). “A new water treatment system using Moringa oleifera seed”. American Journal of Scientific and Industrial Research. 3 (6): 487-492 p.

Alvarez, H. (2019). “Extracto de moringa (moringa oleífera) para la remoción de turbidez de efluentes de la producción de néctar de maracuyá” [Tesis de grado maestro, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Repositorio

Universidad Nacional Agraria la Molina

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3923/alvarez-chancasanampa-hermelinda.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Andía, Y. (2000). "Tratamiento de agua coagulación y floculación: Evaluación de Plantas y Desarrollo Tecnológico" Sedapal. Lima - Perú  
<http://www.ingenieroambiental.com/4014/andia.pdf>

Apha (1998). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Editions 20. APHA/AWWA/WPCF. 2-57 pp

Arcila, H. & Jaramillo, J. (2016). "Agentes naturales como alternativa para el tratamiento del agua". Revista de Facultad de Ciencias Básicas. Recuperado desde:  
<https://doi.org/10.18359/rfcb.1303>

Arias, S. (2014) "Estudio de las posibles zonas de introducción de la Moringa oleífera Lam. En la península ibérica, islas baleares e islas canarias", [Tesis de titulación, Universidad politécnica de Madrid]. Repositorio Universidad politécnica de Madrid.  
[http://oa.upm.es/23094/1/PFCARIAS\\_SABIN.pdf](http://oa.upm.es/23094/1/PFCARIAS_SABIN.pdf)

Barraza, A. & Palpa, G. (2011) "Comparación de eficiencias en el tratamiento de las aguas residuales provenientes de un camal utilizando en forma

independiente reactores UASB y filtros contenedores a escala piloto”, [Tesis de titulación, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Universidad Nacional de Ingeniería.

<https://1library.co/document/y4g5jnky-comparacion-eficiencias-tratamiento-residuales-provenientes-utilizando-independiente-contenedores.html>

Castillo, E.; Bolio, A.; Mendez, R.; Osorio, J.; Pat, R. (2012). “Remoción de materia orgánica en aguas residuales de rastro por el proceso de contactor biológico rotacional”. Revista académica de la FI-UADY. Recuperado desde:

<https://www.redalyc.org/html/467/46725067001/>

Centro panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente (2004) Tratamiento de agua para consumo humano. Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS).

Foidl, N., Makkar, H.P.S. Y Becker, K. (2001). “The potential of Moringa oleifera for agricultural and industrial uses”. Recuperado desde:

[http://miracletrees.org/moringadoc/the\\_potential\\_of\\_moringa\\_oleifera\\_for\\_agricultural\\_and\\_industrial\\_uses.pdf](http://miracletrees.org/moringadoc/the_potential_of_moringa_oleifera_for_agricultural_and_industrial_uses.pdf).

Ghebremichael, K.; Gunaratna, K.; Henriksson, H.; Brumer, H., Dalhammar, G. (2005).

A simple purification and activity assay of the coagulant protein from

Moringa oleifera seed. 39 (2005) 2338- 2344.

Hassan, M. (2013). "A Review of the Applications of Moringa oleifera Seeds Extract in Water Treatment". Revista Académica. Recuperado desde:

<https://www.iiste.org/Journals/index.php/CER/article/download/6576/6722>

Ingeniería y gestión. (2012). Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima: Empresa Editora Macro.". Revista Académica. Recuperado desde:

<https://editorialmacro.com/catalogo/reglamento-nacional-de-edificaciones/>

Jaramillo, J; Ramírez, H. (2015). "Agentes naturales como alternativa para el tratamiento del agua". Revista académica de la facultad de ciencias básicas. Recuperado desde:

<https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/1303>

Liñan, F. (2010) Moringa oleífera, el árbol de la nutrición. Ciencia y Salud Virtual. ISSN: 2145 -5333. 2 (1): 130-138 p.

Mas, M.; Martinez, D.; Carrasquero, S.; Vargas, L. (2011) "Uso de la moringa oleífera para el mejoramiento de la calidad del agua de un efluente doméstico proveniente de lagunas de estabilización", [Tesis de titulación, Universidad del Zulia]. Disponible en:

[https://www.academia.edu/36552695/USO\\_DE\\_LA\\_MORINGA\\_OLEIFERA\\_PARA\\_EL\\_MEJORAMIENTO\\_DE\\_LA\\_CALIDAD\\_DEL\\_AGUA\\_DE\\_UN\\_EFLUENTE\\_DOMESTICO\\_PROVENIENTE\\_DE\\_LAGUNAS\\_DE](https://www.academia.edu/36552695/USO_DE_LA_MORINGA_OLEIFERA_PARA_EL_MEJORAMIENTO_DE_LA_CALIDAD_DEL_AGUA_DE_UN_EFLUENTE_DOMESTICO_PROVENIENTE_DE_LAGUNAS_DE)

## ESTABILIZACION

Metcalf & Eddy. (1995) "Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización.", Madrid, España, Mc Graw-Hill / Interamericana de España, S.A.

Ndabigengesere, A.; Narasiah, S. & Talbot, B. (1995). Active agents and mechanism of coagulant of turbid waters using moringa oleifera. Elsevier Science. 29 (2): 703-710 p.

Ndabigengesere, A.; Narasiah, K. (1998). Quality water treated by coagulation using moringa oleifera. Elsevier Science. 32 (3): 781-791 p.

Okuda, T.; Baes, U.; Nishijima, W. Y Okada, M. (2001). Coagulation mechanism of salt solution extracted active component in Moringa oleifera seeds. Elsevier Science. 35 (3): 830–834 p.

Orozco, C.; Pérez, A.; González, N.; Rodríguez, F Y Alfayate, J. (2004) "Contaminación Ambiental. Una visión desde la química", Madrid, España, Paraninfo S.A.

Perlman, H. (2016). Where is Earth's water? USGS Water-Science School. Retrieved from: <https://water.usgs.gov/edu/earthwherewater.html>.

Picazo, J. (1995). "Aguas residuales en la industria agroalimentaria: Caracterización y sistemas de tratamiento y depuración". Artículo académico de la delegación provincial de la consejería de salud. Recuperado desde: <http://www.insacan.org/racvao/racvaopublicacionesanales.html>

Radovich, T. (2009). "Farm and forestry production and marketing profile for moringa". Retrieved from: [https://miracletrees.org/moringa-doc/production\\_and\\_marketing\\_moringa\\_farm\\_and\\_forestry.pdf](https://miracletrees.org/moringa-doc/production_and_marketing_moringa_farm_and_forestry.pdf)

Rigola, M. (1999) "Tratamiento de aguas industriales. Aguas de procesos y residuales", Madrid, España, Marcocombo.S.A.

Romero, M. (2012) "Caracterización y tratamiento de agua residual provenientes de plantas de producción", [Tesis de titulación, Universidad Simón Bolívar]. Disponible en: [https://silo.tips/queue/universidad-simon-bolivar-decanato-de-estudios-profesionales-coordinacion-de-ing-8?&queue\\_id=-1&v=1628825796&u=MTkwLjIzMi4yMDAuMjE4](https://silo.tips/queue/universidad-simon-bolivar-decanato-de-estudios-profesionales-coordinacion-de-ing-8?&queue_id=-1&v=1628825796&u=MTkwLjIzMi4yMDAuMjE4)

Vargas, M. & Romero, L. (1995). "Aprovechamiento de algunos materiales en el desarrollo de coagulantes y floculantes para el tratamiento de aguas en Costa Rica". Revista tecnología en marcha. Recuperado desde: [https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/37](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/37)

Vela, C. (2016) "Disminución de la turbidez utilizando coagulante natural moringa

oleifera en aguas obtenidas del rio Alto Chicama puente Ingón, Trujillo”, [Tesis de titulación, Universidad César Vallejo]. Repositorio , Universidad César Vallejo

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/7597/vela\\_a\\_c.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/7597/vela_a_c.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Zeas B. (2018) “Estudio técnico económico del uso de la moringa como coagulante-floculante en aguas superficiales.”, [Tesis de titulación, Universidad de Guayaquil]. Repositorio, Universidad de Guayaquil

<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/reduq/33224>

## ANEXO

### Matriz de consistencia

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE DEP.	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
¿Cuál será la eficiencia de remoción de turbidez con la aplicación del polvo de moringa (moringa oleífera) como coagulante natural en el tratamiento de agua turbia sintética?	Obtener la eficiencia de remoción de turbidez con la aplicación el polvo de moringa (moringa oleífera) como coagulante natural en el tratamiento de agua turbia sintética.	La aplicación del polvo de moringa (moringa oleífera) como coagulante natural nos permitirá obtener una remoción de turbiedad en el agua turbia sintética mayor del 90%.	Y= Aplicación del polvo de moringa (moringa oleífera) como coagulante natural en el tratamiento de agua turbia sintética	- PH - Turbidez - Conductividad - Color	- adimensional - NTU - $\mu\text{S/cm}$ - $\frac{mg}{L} \text{PtCo}$	Ensayos de laboratorio
PROB. ESPECIFICOS	OBJ. ESPECIFICOS	HIP. ESPECIFICAS	VARIABLES IND.	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
a) ¿Cuál será la influencia del tamaño de partícula del polvo de moringa (moringa oleífera), en la remoción de turbiedad del agua turbia sintética?	a) Determinar la influencia del tamaño de partícula del polvo de moringa (moringa oleífera), en la remoción de turbiedad del agua turbia sintética.	El tamaño de partícula del polvo de moringa (moringa oleífera), si tiene una influencia significativa en el porcentaje de remoción.	X <sub>1</sub> = Influencia del tamaño del polvo de moringa (moringa oleífera) en la remoción de turbiedad del agua turbia sintética.	- Micras	- $\mu\text{m}$	- Ensayos de laboratorio
b) ¿Cuál será la influencia de la concentración del polvo de moringa (moringa oleífera), en la remoción de turbiedad del agua turbia sintética?	b) Determinar la influencia de la concentración del polvo moringa (moringa oleífera), en la remoción de turbiedad del agua turbia sintética.	La concentración del polvo de moringa (moringa oleífera), si tiene una influencia significativa en el porcentaje de remoción.	X <sub>2</sub> = Influencia de la concentración del polvo moringa (moringa oleífera) en la remoción de turbiedad del agua turbia sintética.	- Concentración	- ppm	- Ensayos de laboratorio
c) ¿Cuál será la influencia de la turbidez del agua, que nos permitirá mayor remoción en la turbiedad, usando como coagulante natural el polvo de moringa oleífera?	c) Determinar la influencia de la turbidez del agua, que nos permitirá mayor remoción en la turbiedad, usando como coagulante natural el polvo de moringa oleífera.	Existe influencia significativa de la turbidez del agua, sobre el porcentaje de remoción de turbiedad, con la aplicación de polvo de moringa (moringa oleífera).	X <sub>3</sub> = Influencia de la turbidez del agua, que nos permitirá mayor remoción en la turbiedad, usando como coagulante natural el polvo de moringa oleífera.	- turbidez	- NTU	- Ensayos de laboratorio

RELACIÓN DE VARIABLES:  $Y = f(X_1, X_2, X_3)$

**Y = Aplicación del polvo de moringa (moringa oleífera) como coagulante natural en el tratamiento de agua turbia sintética.**

**X<sub>1</sub> = Influencia del tamaño del polvo de moringa (moringa oleífera) en la remoción de turbiedad del agua turbia sintética.**

**X<sub>2</sub> = Influencia de la concentración del polvo moringa (moringa oleífera) en la remoción de turbiedad del agua turbia sintética.**

**X<sub>3</sub> = Influencia de la turbidez del agua, que nos permitirá mayor remoción en la turbiedad, usando como coagulante natural el polvo de moringa oleífera.**

## Diseño factorial de múltiples niveles solución que contiene 100% de moringa

Factores: 3                      Réplicas: 3  
 Corridas base: 24              Total de corridas: 72  
 Bloques base: 1                Total de bloques: 1

Número de niveles: 2; 4; 3

**Tabla 23**

*Diseño factorial 100% de moringa (Mo)*

Corrida	Blq	A	B	C					
1	1	1	1	1	39	1	2	1	3
2	1	1	1	2	40	1	2	2	1
3	1	1	1	3	41	1	2	2	2
4	1	1	2	1	42	1	2	2	3
5	1	1	2	2	43	1	2	3	1
6	1	1	2	3	44	1	2	3	2
7	1	1	3	1	45	1	2	3	3
8	1	1	3	2	46	1	2	4	1
9	1	1	3	3	47	1	2	4	2
10	1	1	4	1	48	1	2	4	3
11	1	1	4	2	49	1	1	1	1
12	1	1	4	3	50	1	1	1	2
13	1	2	1	1	51	1	1	1	3
14	1	2	1	2	52	1	1	2	1
15	1	2	1	3	53	1	1	2	2
16	1	2	2	1	54	1	1	2	3
17	1	2	2	2	55	1	1	3	1
18	1	2	2	3	56	1	1	3	2
19	1	2	3	1	57	1	1	3	3
20	1	2	3	2	58	1	1	4	1
21	1	2	3	3	59	1	1	4	2
22	1	2	4	1	60	1	1	4	3
23	1	2	4	2	61	1	2	1	1
24	1	2	4	3	62	1	2	1	2
25	1	1	1	1	63	1	2	1	3
26	1	1	1	2	64	1	2	2	1
27	1	1	1	3	65	1	2	2	2
28	1	1	2	1	66	1	2	2	3
29	1	1	2	2	67	1	2	3	1
30	1	1	2	3	68	1	2	3	2
31	1	1	3	1	69	1	2	3	3
32	1	1	3	2	70	1	2	4	1
33	1	1	3	3	71	1	2	4	2
34	1	1	4	1	72	1	2	4	3
35	1	1	4	2					
36	1	1	4	3					
37	1	2	1	1					
38	1	2	1	2					

**Diseño factorial de múltiples niveles solución que contiene 50% de moringa /50% Sulfato de aluminio**

Factores: 3                      Réplicas: 3  
 Corridas base: 24              Total de corridas: 72  
 Bloques base: 1                Total de bloques: 1

Número de niveles: 2; 4; 3

**Tabla 24**

*Diseño factorial 50% moringa (Mo) / 50% Al<sub>2</sub>(SO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>*

Corrida	Blq	A	B	C					
					39	1	2	1	3
1	1	1	1	1	40	1	2	2	1
2	1	1	1	2	41	1	2	2	2
3	1	1	1	3	42	1	2	2	3
4	1	1	2	1	43	1	2	3	1
5	1	1	2	2	44	1	2	3	2
6	1	1	2	3	45	1	2	3	3
7	1	1	3	1	46	1	2	4	1
8	1	1	3	2	47	1	2	4	2
9	1	1	3	3	48	1	2	4	3
10	1	1	4	1	49	1	1	1	1
11	1	1	4	2	50	1	1	1	2
12	1	1	4	3	51	1	1	1	3
13	1	2	1	1	52	1	1	2	1
14	1	2	1	2	53	1	1	2	2
15	1	2	1	3	54	1	1	2	3
16	1	2	2	1	55	1	1	3	1
17	1	2	2	2	56	1	1	3	2
18	1	2	2	3	57	1	1	3	3
19	1	2	3	1	58	1	1	4	1
20	1	2	3	2	59	1	1	4	2
21	1	2	3	3	60	1	1	4	3
22	1	2	4	1	61	1	2	1	1
23	1	2	4	2	62	1	2	1	2
24	1	2	4	3	63	1	2	1	3
25	1	1	1	1	64	1	2	2	1
26	1	1	1	2	65	1	2	2	2
27	1	1	1	3	66	1	2	2	3
28	1	1	2	1	67	1	2	3	1
29	1	1	2	2	68	1	2	3	2
30	1	1	2	3	69	1	2	3	3
31	1	1	3	1	70	1	2	4	1
32	1	1	3	2	71	1	2	4	2
33	1	1	3	3	72	1	2	4	3
34	1	1	4	1					
35	1	1	4	2					
36	1	1	4	3					
37	1	2	1	1					
38	1	2	1	2					

**Tabla 25**

*Resultados fisicoquímicos 100% Mo (100µm) a 150NTU*

<b>Turbidez</b>																								
Tiempo Inicial 0min						Tiempo 30min						Tiempo 60min												
Concentración	Ensayo 1	% Remoción	Ensayo 2	% Remoción	Ensayo 3	% Remoción	Promedio % Remoción	CV %	Ensayo 1	% Remoción	Ensayo 2	% Remoción	Ensayo 3	% Remoción	Promedio % Remoción	CV %	Ensayo 1	% Remoción	Ensayo 2	% Remoción	Ensayo 3	% Remoción	Promedio % Remoción	CV %
5 ppm	120	20.0%	119	20.7%	120	20.0%	20.2%	1.9%	34	77.3%	33	78.0%	35	76.7%	77.3%	0.9%	29	80.7%	28	81.3%	28	81.3%	81.1%	0.5%
10 ppm	106	29.3%	105	30.0%	105	30.0%	29.8%	1.3%	24	84.0%	24	84.0%	23	84.7%	84.2%	0.5%	22	85.3%	22	85.3%	21	86.0%	85.6%	0.4%
20 ppm	105	30.0%	104	30.7%	105	30.0%	30.2%	1.3%	19	87.3%	19	87.3%	19	87.3%	87.3%	0.0%	18	88.0%	17	88.7%	16	89.3%	88.7%	0.8%
40 ppm	93	38.0%	93	38.0%	92	38.7%	38.2%	1.0%	13	91.3%	13	91.3%	14	90.7%	91.1%	0.4%	12	92.0%	12	92.0%	12	92.0%	92.0%	0.0%
<b>pH</b>																								
Tiempo Inicial 0min						Tiempo 30min						Tiempo 60min												
Concentración	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %				
5 ppm	7.5	7.50	7.49	7.50	0.1%	7.59	7.59	7.59	7.59	0.0%	7.62	7.60	7.62	7.61	0.2%									
10 ppm	7.53	7.56	7.57	7.55	0.3%	7.59	7.58	7.58	7.58	0.1%	7.62	7.62	7.61	7.62	0.1%									
20 ppm	7.53	7.54	7.53	7.53	0.1%	7.57	7.57	7.58	7.57	0.1%	7.62	7.62	7.62	7.62	0.0%									
40 ppm	7.5	7.50	7.50	7.50	0.0%	7.56	7.55	7.55	7.55	0.1%	7.60	7.60	7.60	7.60	0.0%									
<b>Conductividad</b>																								
Tiempo Inicial 0min						Tiempo 30min						Tiempo 60min												
Concentración	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %				
5 ppm	613	612	613	612.67	0.1%	613	611	613	612.33	0.2%	614	614	615	614.33	0.1%									
10 ppm	614	613	613	613.33	0.1%	617	617	617	617.00	0.0%	615	615	618	616.00	0.3%									
20 ppm	615	615	616	615.33	0.1%	615	615	615	615.00	0.0%	614	614	614	614.00	0.0%									
40 ppm	617	617	618	617.33	0.1%	615	616	616	615.33	0.1%	616	616	616	616.00	0.0%									
<b>Color</b>																								
Tiempo Inicial 0min						Tiempo 30min						Tiempo 60min												
Concentración	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %				
5 ppm	252	252	253	252.33	0.2%	194	192	193	193.00	0.5%	166	166	168	166.67	0.7%									
10 ppm	211	209	208	209.33	0.7%	171	171	170	170.67	0.3%	139	139	141	139.67	0.8%									
20 ppm	162	163	160	161.67	0.9%	126	129	128	127.67	1.2%	103	106	109	106.00	2.8%									
40 ppm	148	144	145	145.67	1.4%	92	94	95	93.67	1.6%	89	90	89	89.33	0.6%									

**Tabla 26**

**Resultados fisicoquímicos 50% Mo (100µm) / 50%Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> a 150NTU**

<b>Turbidez</b>		Tiempo Inicial 0min						Tiempo 30min						Tiempo 60min												
		Concentración	Ensayo 1	% Remoción	Ensayo 2	% Remoción	Ensayo 3	% Remoción	Promedio % Remoción	CV %	Ensayo 1	% Remoción	Ensayo 2	% Remoción	Ensayo 3	% Remoción	Promedio % Remoción	CV %	Ensayo 1	% Remoción	Ensayo 2	% Remoción	Ensayo 3	% Remoción	Promedio % Remoción	CV %
5 ppm	108	28.0%	109	27.3%	108	28.0%	27.8%	1.4%	15	90.0%	15	90.0%	15	90.0%	90.0%	0.0%	15	90.0%	15	90.0%	15	90.0%	15	90.0%	90.0%	0.0%
10 ppm	36	76.0%	37	75.3%	38	74.7%	75.3%	0.9%	10	93.3%	11	92.7%	10	93.3%	93.1%	0.4%	11	92.7%	11	92.7%	11	92.7%	11	92.7%	92.7%	0.0%
20 ppm	5	96.7%	6	96.0%	5	96.7%	96.4%	0.4%	3	98.0%	5	96.7%	5	96.7%	97.1%	0.8%	3	98.0%	5	96.7%	3	98.0%	3	98.0%	97.6%	0.8%
40 ppm	1	99.3%	1	99.3%	1	99.3%	99.3%	0.0%	1	99.3%	1	99.3%	1	99.3%	99.3%	0.0%	0.7	99.5%	0.7	99.5%	0.8	99.5%	0.8	99.5%	99.5%	0.0%

<b>pH</b>		Tiempo Inicial 0min				Tiempo 30min				Tiempo 60min						
		Concentración	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH
5 ppm	7.56	7.55	7.58	7.56	7.56	0.2%	7.62	7.66	7.67	7.65	0.3%	7.66	7.69	7.72	7.69	0.4%
10 ppm	7.53	7.54	7.55	7.54	7.54	0.1%	7.6	7.56	7.59	7.58	0.3%	7.55	7.58	7.56	7.56	0.2%
20 ppm	7.48	7.44	7.48	7.47	7.47	0.3%	7.49	7.50	7.68	7.56	1.4%	7.42	7.43	7.45	7.43	0.2%
40 ppm	7.32	7.33	7.32	7.32	7.32	0.1%	7.36	7.35	7.39	7.37	0.3%	7.32	7.32	7.36	7.33	0.3%

<b>Conductividad</b>		Tiempo Inicial 0min				Tiempo 30min				Tiempo 60min					
		Concentración	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
5 ppm	615	616	618	616.33	0.2%	614	617	619	616.67	0.4%	615	615	616	615.33	0.1%
10 ppm	616	617	617	616.67	0.1%	615	615	613	614.33	0.2%	615	615	615	615.00	0.0%
20 ppm	616	616	618	616.67	0.2%	616	617	613	615.33	0.3%	617	618	617	617.33	0.1%
40 ppm	616	619	620	619.00	0.2%	617	616	617	616.67	0.1%	619	617	621	619.00	0.3%

<b>Color</b>		Tiempo Inicial 0min				Tiempo 30min				Tiempo 60min					
		Concentración	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
5 ppm	263	264	264	263.67	0.2%	115	116	111	114.00	2.3%	109	109	110	109.33	0.5%
10 ppm	132	133	135	133.33	1.1%	81	79	78	79.33	1.9%	71	72	75	72.67	2.9%
20 ppm	37	36	39	37.33	4.1%	25	23	22	23.33	6.5%	19	19	18	18.67	3.1%
40 ppm	22	19	20	20.33	7.5%	9	8	9	8.67	6.7%	3	3	3	3.00	0.0%

**Tabla 27**

*Resultados fisicoquímicos 100% Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> a 150NTU*

<b>Turbidez</b>		Tiempo Inicial 0min						Tiempo 30min						Tiempo 60min										
Concentración	Ensayo 1	%Remoción	Ensayo 2	%Remoción	Ensayo 3	%Remoción	Promedio %Remoción	CV %	Ensayo 1	%Remoción	Ensayo 2	%Remoción	Ensayo 3	%Remoción	Promedio %Remoción	CV %	Ensayo 1	%Remoción	Ensayo 2	%Remoción	Ensayo 3	%Remoción	Promedio %Remoción	CV %
5 ppm	22	85.3%	21	86.0%	22	85.3%	85.6%	0.4%	14.6	90.3%	14.7	90.2%	14.8	90.1%	90.2%	0.1%	14.2	90.5%	14.2	90.5%	14.4	90.4%	90.5%	0.1%
10 ppm	6	96.0%	8	94.7%	6	96.0%	95.6%	0.8%	2.92	98.1%	2.92	98.1%	2.98	98.0%	98.0%	0.0%	2.4	98.4%	2.4	98.4%	2.5	98.3%	98.4%	0.0%
20 ppm	2	98.7%	2	98.7%	2	98.7%	98.7%	0.0%	1.24	99.2%	1.23	99.2%	1.26	99.2%	99.2%	0.0%	0.94	99.4%	0.94	99.4%	0.99	99.3%	99.4%	0.0%
40 ppm	2	98.7%	2	98.7%	3	98.0%	98.4%	0.4%	0.86	99.4%	0.88	99.4%	0.89	99.4%	99.4%	0.0%	0.9	99.4%	0.8	99.5%	0.83	99.4%	99.4%	0.0%

<b>pH</b>		Tiempo Inicial 0min				Tiempo 30min				Tiempo 60min					
Concentración	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %
5 ppm	7.57	7.55	7.49	7.54	0.6%	7.50	7.80	7.90	7.73	2.7%	7.52	7.55	7.56	7.54	0.3%
10 ppm	7.49	7.50	7.60	7.53	0.8%	7.52	7.56	7.55	7.54	0.3%	7.45	7.50	7.44	7.46	0.4%
20 ppm	7.28	7.30	7.25	7.28	0.3%	7.34	7.33	7.35	7.34	0.1%	7.52	7.53	7.53	7.53	0.1%
40 ppm	7.05	7.05	7.06	7.05	0.1%	7.03	7.03	7.04	7.03	0.1%	7.00	7.20	7.20	7.13	16%

<b>Conductividad</b>		Tiempo Inicial 0min				Tiempo 30min				Tiempo 60min					
Concentración	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %
5 ppm	615	615	616	615.33	0.1%	615	615	614	614.67	0.1%	615	615	615	615.00	0.0%
10 ppm	616	616	616	616.00	0.0%	616	616	615	615.67	0.1%	615	614	614	614.33	0.1%
20 ppm	617	617	616	616.67	0.1%	616	616	616	616.00	0.0%	617	617	616	616.67	0.1%
40 ppm	619	619	619	619.00	0.0%	619	621	620	620.00	0.2%	619	620	619	619.33	0.1%

<b>Color</b>		Tiempo Inicial 0min				Tiempo 30min				Tiempo 60min					
Concentración	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %
5 ppm	139	134	137	136.67	1.8%	100	97	98	98.33	1.6%	92	91	90	91.00	1.1%
10 ppm	56	57	55	56.00	1.8%	20	25	21	22.00	12.0%	17	15	17	16.33	7.1%
20 ppm	10	10	9	9.67	6.0%	7	7	7	7.00	0.0%	7	6	5	6.00	16.7%
40 ppm	5	5	5	5.00	0.0%	4	3	4	3.67	15.7%	4	4	4	4.00	0.0%

**Tabla 28**

*Resultados fisicoquímicos 100% Mo (140µm) a 150NTU*

Concentración	Tiempo Inicial 0min						Tiempo 30min						Tiempo 60min											
	Ensayo 1	% Remoción	Ensayo 2	% Remoción	Ensayo 3	% Remoción	Promedio % Remoción	CV %	Ensayo 1	Remoción	Ensayo 2	Remoción	Ensayo 3	Remoción	Promedio % Remoción	CV %	Ensayo 1	Remoción	Ensayo 2	Remoción	Ensayo 3	Remoción	Promedio % Remoción	CV %
5 ppm	114	24.0%	114	24.0%	115	23.3%	23.8%	1.6%	34.4	77.1%	34.3	77.1%	34.4	77.1%	77.1%	0.0%	24	84.0%	25	83.3%	26	82.7%	83.3%	0.8%
10 ppm	93.2	37.9%	93.5	37.7%	94	37.3%	37.6%	0.7%	34.1	77.3%	34	77.3%	33.7	77.5%	77.4%	0.2%	18.7	87.5%	18	88.0%	18.9	87.4%	87.6%	0.4%
20 ppm	62.6	58.3%	63	58.0%	62.6	58.3%	58.2%	0.3%	28	81.3%	29	80.7%	28	81.3%	81.1%	0.5%	14	90.7%	13	91.3%	13	91.3%	91.1%	0.4%
40 ppm	45	70.0%	48	68.0%	49	67.3%	68.4%	2.0%	24	84.0%	26	82.7%	26	82.7%	83.1%	0.9%	11	92.7%	12	92.0%	12	92.0%	92.2%	0.4%

Concentración	Tiempo Inicial 0min					Tiempo 30min					Tiempo 60min				
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %
5 ppm	7.57	7.61	7.59	7.59	0.3%	7.75	7.8	7.81	7.79	0.4%	7.75	7.76	7.76	7.76	0.1%
10 ppm	7.55	7.55	7.55	7.55	0.0%	7.66	7.68	7.68	7.67	0.2%	7.67	7.68	7.67	7.67	0.1%
20 ppm	7.55	7.56	7.55	7.55	0.1%	7.63	7.63	7.66	7.64	0.2%	7.57	7.57	7.58	7.57	0.1%
40 ppm	7.53	7.53	7.54	7.53	0.1%	7.59	7.58	7.55	7.57	0.3%	7.55	7.55	7.54	7.55	0.1%

Concentración	Tiempo Inicial 0min					Tiempo 30min					Tiempo 60min				
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %
5 ppm	611	611	612	611.33	0.1%	615	615	615	615.00	0.0%	614	614	614	614.00	0.0%
10 ppm	609	611	611	610.33	0.2%	610	611	610	610.33	0.1%	613	613	613	613.00	0.0%
20 ppm	610	610	610	610.00	0.0%	611	611	611	611.00	0.0%	614	614	614	614.00	0.0%
40 ppm	614	613	614	613.67	0.1%	614	615	615	614.67	0.1%	613	613	613	613.00	0.0%

Concentración	Tiempo Inicial 0min					Tiempo 30min					Tiempo 60min				
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %
5 ppm	331	330	333	331.33	0.5%	202	202	200	201.33	0.6%	143	144	145	144.00	0.7%
10 ppm	328	328	328	328.00	0.0%	173	175	172	173.33	0.9%	126	125	126	125.67	0.5%
20 ppm	286	286	286	286.00	0.0%	144	144	144	144.00	0.0%	105	106	108	106.33	1.4%
40 ppm	255	255	255	255.00	0.0%	114	114	114	114.00	0.0%	99	100	101	100.00	1.0%

**Tabla 29**

**Resultados fisicoquímicos 50% Mo (140µm) / 50%Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> a 150NTU**

<b>Turbidez</b>		Tiempo Inicial 0min							Tiempo 30min							Tiempo 60min								
Concentración	Ensayo 1 %Remoción	Ensayo 2 %Remoción	Ensayo 3 %Remoción	Promedio %Remoción	CV %	Ensayo 1 Remoción	Ensayo 2 Remoción	Ensayo 3 Remoción	Promedio Remoción	CV %	Ensayo 1 Remoción	Ensayo 2 Remoción	Ensayo 3 Remoción	Promedio Remoción	CV %	Ensayo 1 Remoción	Ensayo 2 Remoción	Ensayo 3 Remoción	Promedio Remoción	CV %				
5 ppm	77.2	48.5%	78	48.0%	77.7	48.2%	48.2%	0.6%	18.2	87.9%	18.3	87.8%	18	88.0%	87.9%	0.1%	17.4	88.4%	17	88.7%	17.6	88.3%	88.4%	0.2%
10 ppm	34.7	76.9%	34	77.3%	34.1	77.3%	77.2%	0.3%	15.2	89.9%	15	90.0%	16	89.3%	89.7%	0.4%	10.6	92.9%	11	92.7%	10.4	93.1%	92.9%	0.2%
20 ppm	14.9	90.1%	14.7	90.2%	13.9	90.7%	90.3%	0.4%	7.39	95.1%	7.36	95.1%	7.35	95.1%	95.1%	0.0%	5.48	96.3%	5.4	96.4%	5.31	96.5%	96.4%	0.1%
40 ppm	2.66	98.2%	2.52	98.3%	2.6	98.3%	98.3%	0.0%	2.29	98.5%	2.21	98.5%	2.23	98.5%	98.5%	0.0%	1.5	99.0%	1	99.3%	1.4	99.1%	99.1%	0.2%

<b>pH</b>		Tiempo Inicial 0min					Tiempo 30min					Tiempo 60min				
pH	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	
5 ppm	7.63	7.66	7.77	7.69	1.0%	7.59	7.55	7.55	7.56	0.3%	7.67	7.8	7.8	7.76	1.0%	
10 ppm	7.54	7.65	7.66	7.62	0.9%	7.5	7.5	7.5	7.50	0.0%	7.59	7.56	7.56	7.57	0.2%	
20 ppm	7.42	7.67	7.5	7.53	1.7%	7.36	7.38	7.4	7.38	0.3%	7.46	7.44	7.46	7.45	0.2%	
40 ppm	7.3	7.5	7.6	7.47	2.0%	7.08	7.08	7.08	7.08	0.0%	7.3	7.32	7.58	7.40	2.1%	

<b>Conductividad</b>		Tiempo Inicial 0min					Tiempo 30min					Tiempo 60min				
Conductividad	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %	
5 ppm	614	615	616	615.00	0.2%	612	613	613	612.67	0.1%	611	614	612	612.33	0.2%	
10 ppm	613	613	615	613.67	0.2%	611	611	611	611.00	0.0%	619	618	618	618.33	0.1%	
20 ppm	613	613	615	613.67	0.2%	615	615	615	615.00	0.0%	617	615	614	615.33	0.2%	
40 ppm	614	612	613	613.00	0.2%	614	614	614	614.00	0.0%	615	614	614	614.33	0.1%	

<b>Color</b>		Tiempo Inicial 0min					Tiempo 30min					Tiempo 60min				
Concentración	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %	
5 ppm	188	189	188	188.33	0.3%	135	133	132	133.33	1.1%	117	118	117	117.33	0.5%	
10 ppm	126	126	126	126.00	0.0%	82	86	88	85.33	3.6%	82	85	84	83.67	1.8%	
20 ppm	57	50	53	53.33	6.6%	45	45	44	44.67	1.3%	40	41	40	40.33	1.4%	
40 ppm	20	20	20	20.00	0.0%	12	12	11	11.67	4.9%	9	9	9	9.00	0.0%	

**Tabla 30**

*Resultados fisicoquímicos 100% Mo (100µm) a 300NTU NTU*

Turbidez	Tiempo Inicial 0min						Tiempo 30min						Tiempo 60min											
	Concentración	Ensayo 1 %Remoción	Ensayo 2 %Remoción	Ensayo 3 %Remoción	Promedio %Remoción	CV %	Ensayo 1 %Remoción	Ensayo 2 %Remoción	Ensayo 3 %Remoción	Promedio %Remoción	CV %	Ensayo 1 %Remoción	Ensayo 2 %Remoción	Ensayo 3 %Remoción	Promedio %Remoción	CV %								
5 ppm	170	43.3%	165	45.0%	169	43.7%	44.0%	2.0%	65	78.3%	66	78.0%	68	77.3%	77.9%	0.7%	48	84.0%	49	83.7%	53	82.3%	83.3%	1.1%
10 ppm	142	52.7%	148	50.7%	149	50.3%	51.2%	2.5%	62	79.3%	62	79.3%	63	79.0%	79.2%	0.2%	44	85.3%	48	84.0%	47	84.3%	84.6%	0.8%
20 ppm	133	55.7%	139	53.7%	134	55.3%	54.3%	2.0%	47	84.3%	48	84.0%	49	83.7%	84.0%	0.4%	34	88.7%	36	88.0%	39	87.0%	87.3%	1.0%
40 ppm	125	58.3%	125	58.3%	123	59.0%	58.6%	0.7%	25	91.7%	27	91.0%	26	91.3%	91.3%	0.4%	17	94.3%	19	93.7%	20	93.3%	93.8%	0.5%

pH	Tiempo Inicial 0min					Tiempo 30min					Tiempo 60min				
	Concentración	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH
5 ppm	7.70	7.60	7.70	7.67	0.8%	7.78	7.78	7.79	7.78	0.1%	7.81	7.82	7.80	7.81	0.1%
10 ppm	7.80	7.90	7.90	7.87	0.7%	7.82	7.82	7.80	7.81	0.1%	7.83	7.81	7.82	7.82	0.1%
20 ppm	7.50	7.50	7.50	7.50	0.0%	7.79	7.78	7.77	7.78	0.1%	7.81	7.80	7.81	7.81	0.1%
40 ppm	7.60	7.50	7.60	7.57	0.8%	7.80	7.84	7.80	7.81	0.3%	7.83	7.82	7.83	7.83	0.1%

Conductividad	Tiempo Inicial 0min					Tiempo 30min					Tiempo 60min				
	Concentración	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad
5 ppm	624	624	624	624.00	0.0%	626	625	625	625.33	0.1%	628	629	628	628.33	0.1%
10 ppm	625	625	626	625.33	0.1%	627	626	626	626.33	0.1%	628	627	629	628.00	0.2%
20 ppm	625	625	625	625.00	0.0%	627	626	627	626.67	0.1%	632	631	631	631.33	0.1%
40 ppm	627	626	627	626.67	0.1%	628	628	627	627.67	0.1%	628	629	627	628.00	0.2%

Color	Tiempo Inicial 0min					Tiempo 30min					Tiempo 60min				
	Concentración	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio
5 ppm	215	215	214	214.67	0.3%	70	65	69	68.00	3.9%	34	34	34	34.00	0.0%
10 ppm	187	189	187	187.67	0.6%	65	60	65	63.33	4.6%	30	33	30	31.00	5.6%
20 ppm	169	168	172	169.67	1.2%	34	33	34	33.67	1.7%	25	25	26	25.33	2.3%
40 ppm	154	154	153	153.67	0.4%	27	27	28	27.33	2.1%	10	9	10	9.67	6.0%

**Tabla 31**

*Resultados fisicoquímicos 50% Mo (100µm) / 50%Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> a 300NTU*

<b>Turbidez</b>																								
Tiempo Inicial 0min								Tiempo 30min								Tiempo 60min								
Concentración	Ensayo 1	%Remoción	Ensayo 2	%Remoción	Ensayo 3	%Remoción	Promedio %Remoción	CV %	Ensayo 1	%Remoción	Ensayo 2	%Remoción	Ensayo 3	%Remoción	Promedio %Remoción	CV %	Ensayo 1	%Remoción	Ensayo 2	%Remoción	Ensayo 3	%Remoción	Promedio %Remoción	CV %
5 ppm	90	70.0%	85	71.7%	90	70.0%	70.6%	14%	19	93.7%	19	93.7%	18	94.0%	93.8%	0.2%	14	95.3%	15	95.0%	18	94.0%	94.8%	0.7%
10 ppm	75	75.0%	77	74.3%	75	75.0%	74.8%	0.5%	5	98.3%	5	98.3%	3	99.0%	98.6%	0.4%	4	98.7%	5	98.3%	4	98.7%	98.6%	0.2%
20 ppm	26	91.3%	25	91.7%	20	93.3%	92.1%	12%	0.5	99.8%	0.5	99.8%	0.5	99.8%	99.8%	0.0%	0.5	99.8%	0.5	99.8%	0.5	99.8%	99.8%	0.0%
40 ppm	16	94.7%	15	95.0%	15	95.0%	94.9%	0.2%	0.5	99.8%	0.5	99.8%	0.5	99.8%	99.8%	0.0%	0.3	99.9%	0.3	99.9%	0.3	99.9%	99.9%	0.0%

<b>pH</b>																					
Tiempo Inicial 0min						Tiempo 30min						Tiempo 60min									
Concentración	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	
5 ppm	7.5	7.6	7.5	7.53	0.8%	7.76	7.77	7.78	7.77	0.1%	7.83	7.82	7.86	7.84	0.3%						
10 ppm	7.7	7.6	7.6	7.63	0.8%	7.72	7.69	7.7	7.70	0.2%	7.75	7.75	7.78	7.76	0.2%						
20 ppm	7.5	7.5	7.5	7.50	0.0%	7.67	7.65	7.67	7.66	0.2%	7.71	7.69	7.68	7.69	0.2%						
40 ppm	7.49	7.48	7.49	7.49	0.1%	7.52	7.53	7.55	7.53	0.2%	7.55	7.5	7.55	7.53	0.4%						

<b>Conductividad</b>																					
Tiempo Inicial 0min						Tiempo 30min						Tiempo 60min									
Concentración	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %						
5 ppm	621	621	621	621.00	0.0%	628	628	627	627.67	0.1%	636	631	637	634.67	0.5%						
10 ppm	628	628	621	625.67	0.6%	630	630	630	630.00	0.0%	639	640	640	639.67	0.1%						
20 ppm	600	615	610	608.33	1.3%	629	625	624	626.00	0.4%	644	642	645	643.67	0.2%						
40 ppm	617	619	620	618.67	0.2%	632	632	632	632.00	0.0%	651	651	650	650.67	0.1%						

<b>Color</b>																					
Tiempo Inicial 0min						Tiempo 30min						Tiempo 60min									
Concentración	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %						
5 ppm	114	110	114	112.67	2.0%	55	55	53	54.33	2.1%	53	55	53	53.67	2.2%						
10 ppm	82	80	82	81.33	1.4%	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---						
20 ppm	60	60	59	59.67	1.0%	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---						
40 ppm	50	50	50	5000.0%	0.0%	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---						

**Tabla 32**

*Resultados fisicoquímicos 100% Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> a 300NTU*

<b>Turbidez</b>																								
Tiempo Inicial 0min								Tiempo 30min								Tiempo 60min								
Concentración	Ensayo 1	% Remoción	Ensayo 2	% Remoción	Ensayo 3	% Remoción	Promedio % Remoción	CV %	Ensayo 1	% Remoción	Ensayo 2	% Remoción	Ensayo 3	% Remoción	Promedio % Remoción	CV %	Ensayo 1	% Remoción	Ensayo 2	% Remoción	Ensayo 3	% Remoción	Promedio % Remoción	CV %
5 ppm	164	45.3%	165	45.0%	160	46.7%	45.7%	1.9%	17	94.3%	15	95.0%	15	95.0%	94.8%	0.4%	17	94.3%	16	94.7%	14	95.3%	94.8%	0.5%
10 ppm	85	71.7%	80	73.3%	77	74.3%	73.1%	1.8%	12	96.0%	11	96.3%	11	96.3%	96.2%	0.2%	11	96.3%	10	96.7%	9	97.0%	96.7%	0.3%
20 ppm	31	89.7%	30	90.0%	28	90.7%	90.1%	0.6%	3	99.0%	2	99.3%	3	99.0%	99.1%	0.2%	0.5	99.8%	0.5	99.8%	0.5	99.8%	99.8%	0.0%
40 ppm	23	92.3%	23	92.3%	25	91.7%	92.1%	0.4%	1	99.7%	1	99.7%	1	99.7%	99.7%	0.0%	0.2	99.9%	0.2	99.9%	0.2	99.9%	99.9%	0.0%

<b>pH</b>																				
Tiempo Inicial 0min						Tiempo 30min						Tiempo 60min								
Concentración	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %
5 ppm	7.68	7.66	7.75	7.70	0.6%	7.66	7.66	7.68	7.67	0.2%	7.64	7.64	7.64	7.64	0.0%	7.64	7.64	7.64	7.64	0.0%
10 ppm	7.68	7.56	7.66	7.63	0.8%	7.66	7.66	7.67	7.66	0.1%	7.64	7.65	7.64	7.64	0.1%	7.64	7.65	7.64	7.64	0.1%
20 ppm	7.6	7.55	7.56	7.57	0.3%	7.5	7.5	7.6	7.53	0.8%	7.48	7.43	7.44	7.45	0.4%	7.48	7.43	7.44	7.45	0.4%
40 ppm	7.23	7.25	7.26	7.25	0.2%	7.22	7.23	7.22	7.22	0.1%	7.21	7.21	7.22	7.21	0.1%	7.21	7.21	7.22	7.21	0.1%

<b>Conductividad</b>																				
Tiempo Inicial 0min						Tiempo 30min						Tiempo 60min								
Concentración	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %
5 ppm	627	630	64	421.13	85.3%	628	628	628	628.00	0.0%	629	629	629	629.00	0.0%	629	629	629	629.00	0.0%
10 ppm	629	631	654	638.00	2.2%	629	629	629	629.00	0.0%	629	629	628	628.67	0.1%	629	629	628	628.67	0.1%
20 ppm	630	631	631	630.67	0.1%	630	631	630	630.33	0.1%	632	633	632	632.33	0.1%	632	633	632	632.33	0.1%
40 ppm	633	635	635	634.33	0.2%	635	633	635	634.33	0.2%	633	633	630	632.00	0.3%	633	633	630	632.00	0.3%

<b>Color</b>																				
Tiempo Inicial 0min						Tiempo 30min						Tiempo 60min								
Concentración	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %
5 ppm	140	140	141	140.33	0.4%	5	5	5	5.00	0.0%	5	5	5	5.00	0.0%	5	5	5	5.00	0.0%
10 ppm	87	88	87	87.33	0.7%	4	4	4	4.00	0.0%	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
20 ppm	62	60	62	61.33	1.9%	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
40 ppm	50	54	50	51.33	4.5%	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

**Tabla 33**

*Resultados fisicoquímicos 100% Mo (140µm) a 300NTU NTU*

<b>Turbidez</b>																								
Concentración	Tiempo Inicial 0min						Tiempo 30min						Tiempo 60min											
	Ensayo 1: %Remoción	Ensayo 2: %Remoción	Ensayo 3: %Remoción	Promedio %Remoción	CV %	Ensayo 1: %Remoción	Ensayo 2: %Remoción	Ensayo 3: %Remoción	Promedio %Remoción	CV %	Ensayo 1: %Remoción	Ensayo 2: %Remoción	Ensayo 3: %Remoción	Promedio %Remoción	CV %	Ensayo 1: %Remoción	Ensayo 2: %Remoción	Ensayo 3: %Remoción	Promedio %Remoción	CV %				
5 ppm	181	39.7%	185	38.3%	180	40.0%	39.3%	2.2%	100	66.7%	98	67.3%	99	67.0%	67.0%	0.5%	43	85.7%	43	85.7%	44	85.3%	85.6%	0.2%
10 ppm	172	42.7%	178	40.7%	177	41.0%	41.4%	2.8%	93	69.0%	93	69.0%	94	68.7%	68.3%	0.3%	40	86.7%	42	86.0%	40	86.7%	86.4%	0.4%
20 ppm	164	45.3%	160	46.7%	164	45.3%	45.8%	1.7%	72	76.0%	70	76.7%	72	76.0%	76.2%	0.5%	33	89.0%	34	88.7%	33	89.0%	88.9%	0.2%
40 ppm	118	60.7%	118	60.7%	116	61.3%	60.9%	0.6%	41	86.3%	43	85.7%	41	86.3%	86.1%	0.4%	20	93.3%	20	93.3%	19	93.7%	93.4%	0.2%

<b>pH</b>																						
Concentración	Tiempo Inicial 0min						Tiempo 30min						Tiempo 60min									
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %		
5 ppm	7.8	7.81	7.83	7.81	0.2%	7.85	7.84	7.85	7.85	0.1%	7.84	7.84	7.84	7.85	0.1%	7.84	7.84	7.84	7.84	0.0%		
10 ppm	7.84	7.83	7.84	7.84	0.1%	7.85	7.84	7.85	7.84	0.1%	7.85	7.86	7.86	7.85	0.1%	7.85	7.86	7.86	7.86	0.1%		
20 ppm	7.82	7.81	7.82	7.82	0.1%	7.82	7.82	0.782	5.47	74.2%	7.8	7.82	7.82	7.81	0.1%	7.81	7.82	7.82	7.8	0.1%		
40 ppm	7.84	7.84	7.83	7.84	0.1%	7.83	7.82	7.82	7.82	0.1%	7.81	7.82	7.82	7.81	0.1%	7.81	7.82	7.82	7.8	0.1%		

<b>Conductividad</b>																						
Concentración	Tiempo Inicial 0min						Tiempo 30min						Tiempo 60min									
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %		
5 ppm	625	626	626	625.67	0.1%	628	628	627	627.67	0.1%	630	630	630	630.00	0.0%	630	630	630	630.00	0.0%		
10 ppm	626	626	626	626.00	0.0%	628	628	627	627.67	0.1%	630	630	630	630.00	0.0%	630	630	630	630.00	0.0%		
20 ppm	625	625	625	625.00	0.0%	629	630	630	629.67	0.1%	632	634	630	632.00	0.3%	632	634	630	632.00	0.3%		
40 ppm	624	624	624	624.00	0.0%	624	625	628	625.67	0.3%	628	628	629	628.33	0.1%	628	628	629	628.33	0.1%		

<b>Color</b>																						
Concentración	Tiempo Inicial 0min						Tiempo 30min						Tiempo 60min									
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %		
5 ppm	225	221	220	222.00	1.2%	131	132	135	132.67	1.6%	60	63	60	61.00	2.8%							
10 ppm	210	209	215	211.33	1.5%	132	132	132	132.00	0.0%	61	61	61	61.00	0.0%							
20 ppm	200	205	200	201.67	1.4%	93	94	94	93.67	0.6%	58	57	57	57.33	1.0%							
40 ppm	157	160	162	159.67	1.6%	60	61	60	60.33	1.0%	50	50	54	51.33	4.5%							

**Tabla 34**

**Resultados fisicoquímicos 50% Mo (140µm) / 50%Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> a 300 NTU**

<b>Turbidez</b>		Tiempo Inicial 0min						Tiempo 30min						Tiempo 60min										
		Concentración	Ensayo 1: Remoción	Ensayo 2: Remoción	Ensayo 3: Remoción	Promedio % Remoción	CV %	Ensayo 1: Remoción	Ensayo 2: Remoción	Ensayo 3: Remoción	Promedio % Remoción	CV %	Ensayo 1: Remoción	Ensayo 2: Remoción	Ensayo 3: Remoción	Promedio % Remoción	CV %							
5 ppm	163	45.7%	162	46.0%	163	45.7%	45.8%	0.4%	41	86.3%	40	86.7%	42	86.0%	86.3%	0.4%	26	91.3%	25	91.7%	25	91.7%	91.6%	0.2%
10 ppm	140	53.3%	139	53.7%	135	55.0%	54.0%	1.8%	30	90.0%	30	90.0%	34	88.7%	89.6%	0.3%	17	94.3%	15	95.0%	17	94.3%	94.6%	0.4%
20 ppm	47	84.3%	45	85.0%	47	84.3%	84.6%	0.5%	14	95.3%	15	95.0%	14	95.3%	95.2%	0.2%	7	97.7%	6	98.0%	7	97.7%	97.8%	0.2%
40 ppm	26	91.3%	25	91.7%	20	93.3%	92.1%	1.2%	7	97.7%	6	98.0%	7	97.7%	97.6%	0.2%	5	98.3%	5	98.3%	5	98.3%	98.3%	0.0%

<b>pH</b>		Tiempo Inicial 0min						Tiempo 30min						Tiempo 60min					
		Concentración	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %		
5 ppm	7.76	7.76	7.76	7.76	7.76	0.0%	7.76	7.76	7.77	7.76	0.1%	7.76	7.76	7.75	7.76	0.1%			
10 ppm	7.64	7.64	7.64	7.66	7.65	0.2%	7.75	7.77	7.78	7.77	0.2%	7.79	7.77	7.79	7.78	0.1%			
20 ppm	7.56	7.55	7.58	7.56	7.56	0.2%	7.64	7.65	7.65	7.65	0.1%	7.66	7.67	7.68	7.67	0.1%			
40 ppm	7.33	7.36	7.36	7.36	7.35	0.2%	7.48	7.49	7.48	7.48	0.1%	7.45	7.49	7.5	7.48	0.4%			

<b>Conductividad</b>		Tiempo Inicial 0min						Tiempo 30min						Tiempo 60min					
		Concentración	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %		
5 ppm	625	627	625	625	625.67	0.2%	627	628	627	627.33	0.1%	630	630	630	630.00	0.0%			
10 ppm	628	628	628	628	628.00	0.0%	628	628	628	628.00	0.0%	632	630	634	632.00	0.3%			
20 ppm	627	627	628	628	627.33	0.1%	628	628	627	627.67	0.1%	631	631	632	631.33	0.1%			
40 ppm	628	628	627	627	627.67	0.1%	629	627	629	628.33	0.2%	632	633	631	632.00	0.2%			

<b>Color</b>		Tiempo Inicial 0min						Tiempo 30min						Tiempo 60min					
		Concentración	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %		
5 ppm	200	200	204	201.33	201.33	1.1%	60	58	60	59.33	1.9%	32	34	34	33.33	3.5%			
10 ppm	184	180	182	182.00	182.00	1.1%	40	40	42	40.67	2.8%	12	10	12	11.33	10.2%			
20 ppm	65	60	65	63.33	63.33	4.6%	9	10	9	9.33	6.2%	---	---	---	---	---			
40 ppm	32	30	29	30.33	30.33	5.0%	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---			

**Tabla 35**

*Resultados fisicoquímicos 100% Mo (100µm) a 600NTU*

<b>Turbidez</b>		Tiempo Inicial 0min						Tiempo 30min						Tiempo 60min										
Concentración	Ensayo 1 %Remoción	Ensayo 2 %Remoción	Ensayo 3 %Remoción	Promedio %Remoción	CV %	Ensayo 1 %Remoción	Ensayo 2 %Remoción	Ensayo 3 %Remoción	Promedio %Remoción	CV %	Ensayo 1 %Remoción	Ensayo 2 %Remoción	Ensayo 3 %Remoción	Promedio %Remoción	CV %									
5 ppm	180	70.0%	185	69.2%	181	69.8%	69.7%	0.6%	33	94.5%	37	93.8%	34	94.3%	94.2%	0.4%	23	96.2%	24	96.0%	23	96.2%	96.1%	0.1%
10 ppm	174	71.0%	177	70.5%	176	70.7%	70.7%	0.4%	21	96.5%	24	96.0%	22	96.3%	96.3%	0.3%	14	97.7%	14	97.7%	14	97.7%	97.7%	0.0%
20 ppm	120	80.0%	123	79.5%	120	80.0%	79.8%	0.4%	13	97.8%	14	97.7%	13	97.8%	97.8%	0.1%	13	97.8%	13	97.8%	13	97.8%	97.8%	0.0%
40 ppm	107	82.2%	108	82.0%	105	82.5%	82.2%	0.3%	12	98.0%	12	98.0%	11	98.2%	98.1%	0.1%	12	98.0%	12	98.0%	12	98.0%	98.0%	0.0%

<b>pH</b>		Tiempo Inicial 0min					Tiempo 30min					Tiempo 60min				
Concentración	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	
5 ppm	7.1	7.16	7.14	7.13	0.4%	7.18	7.17	7.18	7.18	0.1%	7.63	7.63	7.62	7.63	0.1%	
10 ppm	7.38	7.37	7.39	7.38	0.1%	7.45	7.4	7.45	7.43	0.4%	7.64	7.65	7.61	7.63	0.3%	
20 ppm	7.26	7.22	7.25	7.24	0.3%	7.31	7.3	7.3	7.30	0.1%	7.65	7.66	7.65	7.65	0.1%	
40 ppm	7.11	7.12	7.13	7.12	0.1%	7.18	7.18	7.17	7.18	0.1%	7.62	7.64	7.64	7.63	0.2%	

<b>Conductividad</b>		Tiempo Inicial 0min					Tiempo 30min					Tiempo 60min				
Concentración	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %	
5 ppm	641	641	641	641.00	0.0%	637	638	638	637.67	0.1%	632	632	632	632.00	0.0%	
10 ppm	640	641	641	640.67	0.1%	637	637	637	637.00	0.0%	634	634	635	634.33	0.1%	
20 ppm	641	641	641	641.00	0.0%	637	637	637	637.00	0.0%	635	634	635	634.67	0.1%	
40 ppm	638	638	637	637.67	0.1%	636	635	636	635.67	0.1%	634	634	634	634.00	0.0%	

<b>Color</b>		Tiempo Inicial 0min					Tiempo 30min					Tiempo 60min				
Concentración	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %	
5 ppm	220	218	215	217.67	1.2%	100	100	99	99.67	0.6%	65	63	64	64.00	1.6%	
10 ppm	209	209	210	209.33	0.3%	65	65	64	64.67	0.3%	56	56	55	55.67	1.0%	
20 ppm	162	163	166	163.67	1.3%	58	58	57	57.67	1.0%	56	55	55	55.33	1.0%	
40 ppm	150	152	150	150.67	0.8%	58	57	56	57.00	1.8%	54	54	55	54.33	1.1%	

**Tabla 36**

**Resultados fisicoquímicos 50% Mo (100µm) / 50%Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> a 600NTU**

<b>Turbidez</b>																								
		Tiempo Inicial 0min						Tiempo 30min						Tiempo 60min										
Concentración	Ensayo 1	% Remoción	Ensayo 2	% Remoción	Ensayo 3	% Remoción	Promedio % Remoción	CV %	Ensayo 1	% Remoción	Ensayo 2	% Remoción	Ensayo 3	% Remoción	Promedio % Remoción	CV %	Ensayo 1	% Remoción	Ensayo 2	% Remoción	Ensayo 3	% Remoción	Promedio % Remoción	CV %
5 ppm	16	97.3%	16	97.3%	16	97.3%	97.3%	0.0%	7	98.8%	7	98.8%	7	98.8%	98.8%	0.0%	5	99.2%	5	99.2%	5	99.2%	99.2%	0.0%
10 ppm	12	98.0%	11	98.2%	10	98.3%	98.2%	0.2%	6	99.0%	6	99.0%	6	99.0%	99.0%	0.0%	4	99.3%	4	99.3%	4	99.3%	99.3%	0.0%
20 ppm	6	99.0%	6	99.0%	8	98.7%	98.9%	0.2%	0.5	99.3%	0.6	99.3%	0.6	99.3%	99.3%	0.0%	0.7	99.3%	0.6	99.3%	0.7	99.3%	99.3%	0.0%
40 ppm	2	99.7%	2	99.7%	2	99.7%	99.7%	0.0%	0.5	99.3%	0.6	99.3%	0.6	99.3%	99.3%	0.0%	0.5	99.3%	0.6	99.3%	0.6	99.3%	99.3%	0.0%

<b>pH</b>																				
		Tiempo Inicial 0min					Tiempo 30min					Tiempo 60min								
Concentración	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %
5 ppm	7.05	7.1	7.05	7.07	0.4%	7.26	7.25	7.26	7.26	0.1%	7.42	7.42	7.42	7.42	0.0%	7.42	7.42	7.42	7.42	0.0%
10 ppm	7.1	7.1	7.1	7.10	0.0%	7.14	7.14	7.14	7.14	0.0%	7.31	7.32	7.31	7.31	0.1%	7.31	7.32	7.31	7.31	0.1%
20 ppm	6.83	6.83	6.81	6.82	0.2%	6.89	6.89	6.89	6.89	0.0%	7.11	7.12	7.11	7.11	0.1%	7.11	7.12	7.11	7.11	0.1%
40 ppm	6.39	6.37	6.39	6.38	0.2%	6.41	6.41	6.41	6.41	0.0%	6.61	6.5	6.51	6.54	0.3%	6.61	6.5	6.51	6.54	0.3%

<b>Conductividad</b>																				
		Tiempo Inicial 0min					Tiempo 30min					Tiempo 60min								
Concentración	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %
5 ppm	645	644	645	644.67	0.1%	637	637	636	636.67	0.1%	636	636	637	636.33	0.1%	636	636	637	636.33	0.1%
10 ppm	640	644	640	641.33	0.4%	638	638	638	638.00	0.0%	639	639	638	638.67	0.1%	639	639	638	638.67	0.1%
20 ppm	649	649	648	648.67	0.1%	644	643	643	643.33	0.1%	644	644	645	644.33	0.1%	644	644	645	644.33	0.1%
40 ppm	654	655	655	654.67	0.1%	654	654	655	654.33	0.1%	651	653	651	651.67	0.2%	651	653	651	651.67	0.2%

<b>Color</b>																				
		Tiempo Inicial 0min				Tiempo 30min				Tiempo 60min										
Concentración	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %
5 ppm	60	61	60	60.33	1.0%	5	5	5	5.00	0.0%	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10 ppm	23	23	23	23.00	0.0%	5	5	5	5.00	0.0%	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
20 ppm	5	5	5	5.00	0.0%	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
40 ppm	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

**Tabla 37**

*Resultados fisicoquímicos 100% Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> a 600 NTU*

Concentración	Tiempo Inicial 0min						Tiempo 30min						Tiempo 60min											
	Ensayo 1 % Remoción		Ensayo 2 % Remoción		Ensayo 3 % Remoción		Promedio % Remoción	CV %	Ensayo 1 % Remoción		Ensayo 2 % Remoción		Ensayo 3 % Remoción		Promedio % Remoción	CV %	Ensayo 1 % Remoción		Ensayo 2 % Remoción		Ensayo 3 % Remoción		Promedio % Remoción	CV %
5 ppm	148	75.3%	149	75.2%	148	75.3%	75.3%	0.1%	12	98.0%	12	98.0%	12	98.0%	98.0%	0.0%	11	98.2%	10	98.3%	11	98.2%	98.2%	0.1%
10 ppm	56	90.7%	56	90.7%	57	90.5%	90.6%	0.1%	4	99.3%	4	99.3%	5	99.2%	99.3%	0.1%	4	99.3%	4	99.3%	4	99.3%	99.3%	0.0%
20 ppm	32	94.7%	32	94.7%	31	94.8%	94.7%	0.1%	3	99.5%	3	99.5%	3	99.5%	99.5%	0.0%	3	99.5%	3	99.5%	3	99.5%	99.5%	0.0%
40 ppm	24	96.0%	22	96.3%	23	96.2%	96.2%	0.2%	2	99.7%	2	99.7%	2	99.7%	99.7%	0.0%	2	99.7%	1	99.8%	2	99.7%	99.7%	0.1%

Concentración	Tiempo Inicial 0min						Tiempo 30min						Tiempo 60min					
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %			
5 ppm	7.63	7.63	7.63	7.63	0.0%	7.5	7.5	7.51	7.50	0.1%	7.42	7.43	7.43	7.43	0.1%			
10 ppm	7.56	7.58	7.56	7.57	0.2%	7.46	7.46	7.46	7.46	0.0%	7.31	7.32	7.31	7.31	0.1%			
20 ppm	7.39	7.45	7.39	7.41	0.5%	7.27	7.27	7.28	7.27	0.1%	7.11	7.11	7.12	7.11	0.1%			
40 ppm	7.21	7.24	7.21	7.22	0.2%	7.06	7.06	7.06	7.06	0.0%	6.61	6.61	6.61	6.61	0.0%			

Concentración	Tiempo Inicial 0min						Tiempo 30min						Tiempo 60min					
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %			
5 ppm	640	641	642	641.00	0.2%	637	637	637	637.00	0.0%	636	636	638	636.67	0.2%			
10 ppm	639	639	639	639.00	0.0%	638	639	639	638.67	0.1%	639	640	639	639.33	0.1%			
20 ppm	645	645	644	644.67	0.1%	643	644	641	642.67	0.2%	644	645	645	644.67	0.1%			
40 ppm	651	652	651	651.33	0.1%	654	655	657	655.33	0.2%	651	651	652	651.33	0.1%			

Concentración	Tiempo Inicial 0min						Tiempo 30min						Tiempo 60min					
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %			
5 ppm	250	250	250	250.00	0.0%	5	5	5	5.00	0.0%	5	5	5	5.00	0.0%			
10 ppm	148	148	149	148.33	0.4%	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---			
20 ppm	140	140	140	140.00	0.0%	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---			
40 ppm	79	79	79	79.00	0.0%	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---			

**Tabla 38**

*Resultados fisicoquímicos 100% Mo (140µm) a 600NTU*

<b>Turbidez</b>		Tiempo Inicial 0min						Tiempo 30min						Tiempo 60min										
Concentración	Ensayo 1	Remoción	Ensayo 2	Remoción	Ensayo 3	Remoción	Promedio % Remoción	CV %	Ensayo 1	Remoción	Ensayo 2	Remoción	Ensayo 3	Remoción	Promedio % Remoción	CV %	Ensayo 1	Remoción	Ensayo 2	Remoción	Ensayo 3	Remoción	Promedio % Remoción	CV %
5 ppm	172	71.3%	173	71.2%	170	71.7%	71.4%	0.4%	62	89.7%	62	89.7%	63	89.5%	89.6%	0.1%	12	98.0%	11	98.2%	12	98.0%	98.1%	0.1%
10 ppm	169	71.8%	165	72.5%	168	72.0%	72.1%	0.5%	21	96.5%	22	96.3%	23	96.2%	96.3%	0.2%	9	98.5%	10	98.3%	10	98.3%	98.4%	0.1%
20 ppm	146	75.7%	144	76.0%	143	76.2%	75.9%	0.3%	16	97.3%	16	97.3%	17	97.2%	97.3%	0.1%	8	98.7%	7	98.8%	8	98.7%	98.7%	0.1%
40 ppm	139	76.8%	134	77.7%	135	77.5%	77.3%	0.6%	13	97.8%	14	97.7%	13	97.8%	97.8%	0.1%	5	99.2%	4	99.3%	6	99.0%	99.2%	0.2%

<b>pH</b>		Tiempo Inicial 0min				Tiempo 30min				Tiempo 60min					
Concentración	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %
5 ppm	7.69	7.7	7.69	7.69	0.1%	7.73	7.73	7.73	7.73	0.0%	7.76	7.75	7.76	7.76	0.1%
10 ppm	7.72	7.72	7.68	7.71	0.3%	7.77	7.77	7.77	7.77	0.0%	7.82	7.82	7.82	7.82	0.0%
20 ppm	7.72	7.72	7.69	7.71	0.2%	7.77	7.76	7.76	7.76	0.1%	7.83	7.81	7.83	7.82	0.1%
40 ppm	7.72	7.71	7.67	7.70	0.3%	7.76	7.77	7.77	7.77	0.1%	7.84	7.81	7.81	7.82	0.2%

<b>Conductividad</b>		Tiempo Inicial 0min				Tiempo 30min				Tiempo 60min					
Concentración	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %
5 ppm	639	639	639	639.00	0.0%	636	636	636	636.00	0.0%	636	636	635	635.67	0.1%
10 ppm	637	636	635	636.00	0.2%	636	635	636	635.67	0.1%	636	636	636	636.00	0.0%
20 ppm	642	642	641	641.67	0.1%	640	640	640	640.00	0.0%	637	637	637	637.00	0.0%
40 ppm	643	643	643	643.00	0.0%	639	639	639	639.00	0.0%	635	635	635	635.00	0.0%

<b>Color</b>		Tiempo Inicial 0min					Tiempo 30min					Tiempo 60min				
Concentración	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %	
5 ppm	472	470	472	471.33	0.2%	75	75	75	75.00	0.0%	7	7	7	7.00	0.0%	
10 ppm	416	416	415	415.67	0.1%	15	16	16	15.67	3.7%	6	5	6	5.67	10.2%	
20 ppm	410	400	400	403.33	1.4%	9	9	9	9.00	0.0%	5	5	5	5.00	0.0%	
40 ppm	320	315	315	316.67	0.9%	7	7	8	7.33	7.9%	5	5	5	5.00	0.0%	

**Tabla 39**

*Resultados fisicoquímicos 50% Mo (140µm) / 50%Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> a 600NTU*

<b>Turbidez</b>																								
Concentración	Tiempo Inicial 0min						Tiempo 30min						Tiempo 60min											
	Ensayo 1	Remoción %	Ensayo 2	Remoción %	Ensayo 3	Remoción %	Promedio % Remoción	CV %	Ensayo 1	Remoción %	Ensayo 2	Remoción %	Ensayo 3	Remoción %	Promedio % Remoción	CV %	Ensayo 1	Remoción %	Ensayo 2	Remoción %	Ensayo 3	Remoción %	Promedio % Remoción	CV %
5 ppm	120	80.0%	122	79.7%	120	80.0%	79.9%	0.2%	15	97.5%	16	97.3%	15	97.5%	97.4%	0.1%	6	99.0%	6	99.0%	6	99.0%	99.0%	0.0%
10 ppm	57	90.5%	57	90.5%	57	90.5%	90.5%	0.0%	7	98.8%	7	98.8%	7	98.8%	98.8%	0.0%	4	99.3%	4	99.3%	4	99.3%	99.3%	0.0%
20 ppm	31	94.8%	32	94.7%	31	94.8%	94.8%	0.1%	2	99.7%	3	99.5%	3	99.5%	99.6%	0.1%	2	99.7%	3	99.5%	3	99.5%	99.6%	0.1%
40 ppm	20	96.7%	22	96.3%	20	96.7%	96.6%	0.2%	1	99.8%	1	99.8%	1	99.8%	99.8%	0.0%	0.6	99.9%	0.6	99.9%	0.8	99.9%	99.9%	0.0%

<b>pH</b>																						
Concentración	Tiempo Inicial 0min					Tiempo 30min					Tiempo 60min											
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio pH	CV %							
5 ppm	7.63	7.64	7.63	7.63	0.1%	7.71	7.72	7.71	7.71	0.1%	7.83	7.82	7.82	7.82	0.1%							
10 ppm	7.64	7.66	7.67	7.66	0.2%	7.65	7.67	7.67	7.66	0.2%	7.72	7.72	7.74	7.73	0.1%							
20 ppm	7.59	7.59	7.58	7.59	0.1%	7.6	7.6	7.61	7.60	0.1%	7.67	7.67	7.67	7.67	0.0%							
40 ppm	7.44	7.42	7.44	7.43	0.2%	7.43	7.43	7.42	7.43	0.1%	7.51	7.51	7.5	7.51	0.1%							

<b>Conductividad</b>																						
Concentración	Tiempo Inicial 0min					Tiempo 30min					Tiempo 60min											
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio Conductividad	CV %							
5 ppm	640	640	640	640.00	0.0%	637	637	638	637.33	0.1%	636	635	636	635.67	0.1%							
10 ppm	640	640	639	639.67	0.1%	637	637	638	637.33	0.1%	637	638	637	637.33	0.1%							
20 ppm	641	644	641	642.00	0.3%	639	639	638	638.67	0.1%	639	640	639	639.33	0.1%							
40 ppm	643	643	644	643.33	0.1%	642	642	641	641.67	0.1%	644	643	643	643.33	0.1%							

<b>Color</b>																						
Concentración	Tiempo Inicial 0min				Tiempo 30min				Tiempo 60min													
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	CV %							
5 ppm	289	280	285	284.67	1.6%	10	10	10	10.00	0.0%	---	---	---	---	---							
10 ppm	113	113	111	112.33	1.0%	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---							
20 ppm	66	65	65	65.33	0.9%	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---							
40 ppm	16	16	16	16.00	0.0%	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---							

# Ficha técnica del n-hexano

## n-Hexano, BAKER ANALYZED® ACS, J.T. Baker®

Proveedor: Avantor



Peligro

Formula:  $H_2C(CH_2)_4CH_2$   
 MW: 86,18 g/mol  
 Pto. Ebullición: 69 °C (1013 hPa)  
 Pto. de fusión: -94,3 °C  
 Densidad: 0,659 g/cm<sup>3</sup> (20 °C)  
 Pto. de inflamación: -22 °C  
 Temperatura de almacenaje: Ambiente

Número MDL: MFCD00009520  
 Núm. CAS: 110-54-3  
 EINECS: 203-777-6  
 UN: 1208  
 ADR: 3,II  
 Índice Merck: 13,04712



### Resultados test especificaciones

Exceeds ACS Specifications	
Assay (n-hexane)	min. 99 %
Assay (sum of 5 isomers, total hexanes plus methylcyclopentane)	min. 99 %
Aromatic Compounds (as C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	max. 0.02 %
Color (APHA)	max. 10
Residue after Evaporation	max. 5 ppm
Sulfur Compounds (as S)	max. 0.005 %
Thiophene	passes test
Water Soluble Titrable Acid (meq/g)	max. 0.0002
Ultraviolet Absorbance, (1.00-cm path vs water; curve smooth throughout stated range with no extraneous impurity peaks).	
at 210 nm	max. 1.00
at 220 nm	max. 0.20
at 230 nm	max. 0.10
at 240 nm	max. 0.04
at 250 nm	max. 0.02
at 280-400 nm	max. 0.01

### PEDIDO

Núm. Catálogo VWR	Cantidad	Tipo de env.	Env
8205.1000		Botella de vidrio	1 L

 MSDS