



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

DIRECCIÓN DE CARRERA: MEDIO AMBIENTE

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIA LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN MEDIO AMBIENTE**

**MODALIDAD:
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:
EFICIENCIA DE LA SEMILLA DE MORINGA (*Moringa oleífera*)
EN LA REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES EN
AGUAS**

**AUTORES:
HENRY GABRIEL MONTESDEOCA LOOR
JEN ENRIQUE MENDOZA GILER**

**TUTOR:
Q.F. PATRICIO JAVIER NOLES AGUILAR Mg.**

CALCETA, JUNIO 2018

DERECHOS DE AUTORÍA

HENRY GABRIEL MONTESDEOCA LOOR Y JEN ENRIQUE MENDOZA GILER, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

HENRY G. MONTESDEOCA LOOR

JEN ENRIQUE MENDOZA GILER

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

Q.F. PATRICIO NOLES AGUILAR certifica haber tutelado proyecto EFICIENCIA DE LA SEMILLA DE MORINGA (*Moringa oleífera*) EN LA REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES EN AGUAS, que ha sido desarrollada por HENRY GABRIEL MONTESDEOCA LOOR Y JEN ENRIQUE MENDOZA GILER, previo a la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Q.F. PATRICIO JAVIER NOLES AGUILAR Mg.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de titulación **EFICIENCIA DE LA SEMILLA DE MORINGA (*Moringa oleífera*) EN LA REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES EN AGUAS**, que ha sido propuesto, desarrollado y sustentado por HENRY GABRIEL MONTESDEOCA LOOR Y JEN ENRIQUE MENDOZA GILER, previo a la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Ing. Teresa Vivas Saltos., MsC
MIEMBRO

Blgo. Fernanda Pincay Cantos., MsC
MIEMBRO

Ing. Joffre Andrade Candell., MsC
PRESIDENTE

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día;

A Dios por la bendición de haber puesto a las personas correctas en cada etapa de este proyecto.

A nuestro facilitador y tutor Q.F. Patricio Noles, por su mano extendida y asesoramiento a lo largo del trabajo de titulación, y

Al personal de laboratorio del área agroindustrial, por la predisposición y ayuda prestada en la utilización del mismo, para el desarrollo de la parte experimental del trabajo de titulación.

HENRY G. MONTESDEOCA LOOR

JEN ENRIQUE MENDOZA GILER

DEDICATORIA

A mis padres, Eduardo Montesdeoca y Nany Loor, por su apoyo constante e incondicional, a mis hermanos, por siempre ayudarme y darme una palabra de aliento, a mi madrina y tía Leonor Loor, a mi abuelita Jacinta Zambrano, por su eterno interés en saber de mi carrera, a mis demás tíos y primos, en fin, a toda mi familia por siempre estar ahí, en los buenos y malos momentos de mi vida.

HENRY G. MONTESDEOCA LOOR

DEDICATORIA

A mis padres, por su apoyo constante e incondicional en mi vida y la etapa universitaria.

JEN ENRIQUE MENDOZA GILER

CONTENIDO GENERAL

CARATULA	i
DERECHOS DE AUTORÍA	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
CONTENIDO GENERAL.....	viii
CONTENIDO DE CUADROS, GRÁFICOS Y FIGURAS	ix
RESUMEN	xii
PALABRAS CLAVE.....	xii
ABSTRACT	xiii
KEY WORDS	xiii
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	1
1.3. OBJETIVOS	2
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	2
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.4. HIPÓTESIS.....	2
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. EL AGUA COMO DISOLVENTE.....	3
2.2. COAGULACIÓN.....	3
2.3. POTENCIAL Z.....	4
2.4. FLOCULACIÓN.....	4
2.5. SEDIMENTACIÓN	5
2.6. SÓLIDOS	6
2.7. TURBIDEZ	7
2.8. COLOR	8
2.9. INVESTIGACIONES ACTUALES SOBRE LA MORINGA (M. oleífera)	8
2.10. SEMILLAS DE MORINGA (M. oleífera) COMO COAGULANTE	9
CAPITULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	10
3.1. UBICACIÓN	10
3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO.....	10

3.3.	MÉTODOS, TÉCNICAS	10
3.3.1.	MÉTODO	10
3.3.2.	TÉCNICAS	10
3.4.	FACTORES EN ESTUDIO.....	10
3.5.	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	11
3.6.	UNIDAD EXPERIMENTAL.....	11
3.7.	VARIABLES A MEDIR	11
3.7.1.	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	11
3.7.2.	VARIABLE DEPENDIENTE	11
3.8.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	11
3.9.	MANEJO DEL EXPERIMENTO	12
3.9.1.	FASE 1. OBTENCIÓN DE HARINA Y POLIELECTROLITO DE LA SEMILLA DE MORINGA (M. OLEÍFERA)	12
3.9.2.	FASE 2. APLICACIÓN DEL MÉTODO DE PRUEBA DE JARRA CON LAS DIFERENTES CONCENTRACIONES	13
3.9.3.	FASE 3. DETERMINAR DIFERENCIAS ESTADÍSTICAS SIGNIFICATIVAS EN LOS TRATAMIENTOS PROPUESTOS.....	14
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		18
4.1.	OBTENCIÓN DE HARINA Y POLIELECTROLITO DE LA SEMILLA DE MORINGA (M. oleífera).....	18
4.2.	APLICACIÓN DEL MÉTODO DE PRUEBA DE JARRA CON LAS DIFERENTES CONCENTRACIONES	18
4.2.1.	PREPARACIÓN DE AGUA TURBIA SINTÉTICA	18
4.3.	DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA	19
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		23
5.1.	CONCLUSIONES	23
6.1.	RECOMENDACIONES	23
BIBLIOGRAFÍA		24
ANEXOS		28
.....		29

CONTENIDO DE CUADROS, GRÁFICOS Y FIGURAS

CUADROS

Cuadro 2.1.	Valores aceptables de turbidez.....	8
Cuadro 3.1.	Composición de tratamientos	11
Cuadro 3.2.	Análisis estadístico	12
Cuadro 3.3.	Parámetros a monitorear	14

Cuadro 4.1. Recolección de semillas de moringa.....	18
Cuadro 4.2. Cantidad de harina de moringa obtenida	18
Cuadro.4.3. Obtención de polielectrolito.....	18
Cuadro 4.4. Valores obtenidos de turbidez y SST	18
Cuadro.4.5. Análisis de varianza	22
Cuadro 4.6. Tabla ANOVA	22
Cuadro.4.7. Tes Tukey	22

FIGURAS

Figura 3.1. Ubicación.....	10
Figura 3.2. Ciudadela El Palmar.....	12

ILUSTRACIONES

Ilustración 3.1. Base de datos	14
Ilustración 3.2. Selección de nueva tabla.	14
Ilustración 3.3. Tabla nueva.....	15
Ilustración 3.4. Selección de la opción pegar	15
Ilustración 3.5. Datos ingresados	15
Ilustración 3.6. Selección de análisis de varianza	16
Ilustración 3.7. Ingreso de variables	16
Ilustración 3.8. Selección del método de comparación.....	16
Ilustración 3.9. Selección del método de comparación.....	17

GRÁFICOS

Gráfico 4.1. Eficiencia de los tratamientos con dosis de 0,5 ml.....	19
Gráfico 4.2. Eficiencia de los tratamientos con dosis de 2 ml	19
Gráfico 4.3. Eficiencia de los tratamientos de 4 ml.....	20
Gráfico 4.4. Eficiencia en los tratamientos en base al parámetro de turbidez. 20	
Gráfico 4.5. Comparación mejor dosis (0.5 ml) de Moringa vs Sulfato de Aluminio	21
Gráfico 4.6. Eficiencia de la semilla de moringa en la remoción de SST en el agua	21

ECUACIONES

Ecuación 3.1. Porcentaje de eficiencia en la remoción de sólidos suspendidos totales.....	14
--	-----------

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de la semilla de moringa (*M. oleífera*) en la remoción de sólidos suspendidos totales (SST) en aguas. Para esto, se recolectaron semillas en su etapa óptima de madurez. Estas fueron pulverizadas mediante un molino para ser tamizadas y obtener harina. Posteriormente, mediante un proceso de extracción con solución salina se logró obtener el polielectrolito que compone el extracto crudo salino de la semilla de moringa. Se aplicó un diseño completamente al azar (3x2) para la determinación de dosis en el que se prepararon dosis altas, (4 ml) medias (2 ml) y bajas (0,5 ml) de harina, polielectrolito y sulfato de aluminio (testigo), todas a una concentración del 5%, y con 3 réplicas por cada tratamiento. Finalmente, como resultado del mejor tratamiento se obtuvo un 98% de eficiencia en la remoción de SST en el agua favoreciendo a la dosis de 0,5 ml del polielectrolito de la semilla de moringa, superando al 94,8 % de la misma dosis del sulfato de aluminio, sustentado en la aplicación de la tabla ANOVA (software Infostat), promoviendo así el uso de una alternativa de origen natural con enfoque sustentable en el sector industrial donde se generan grandes cantidades de aguas residuales.

PALABRAS CLAVE

Harina de moringa, polielectrolito, eficiencia, sólidos suspendidos totales, remoción.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the efficiency of moringa seed (*M. oleifera*) in the removal of total suspended solids (TSS) in waters. For this, seeds were collected at their optimum stage of maturity. These were pulverized by a mill to be sieved and obtain flour. Subsequently, by means of a saline extraction process, the polyelectrolyte that makes up the crude saline extract of the moringa seed was obtained. A completely randomized design (3x2) was applied for the dose determination in which high doses (4 ml) of medium (2 ml) and low (0.5 ml) of flour, polyelectrolyte and aluminum sulphate were prepared (control), all at a concentration of 5%, and with 3 replications for each treatment. Finally, as a result of the best treatment, a 98% efficiency in the removal of SST in the water was obtained favoring the 0.5 ml dose of the polyelectrolyte of the moringa seed, surpassing 94.8% of the same dose of the aluminum sulphate, based on the application of the ANOVA table (Infostat software), thus promoting the use of an alternative of natural origin with a sustainable approach in the industrial sector where large quantities of wastewater are generated.

KEY WORDS

Moringa flour, polielectrolito, efficiency, total suspended solids, removal.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad el planeta enfrenta una gran problemática. El agua dulce cada vez está menos disponible; afectando en gran magnitud al desarrollo vital de la sociedad. La distribución de agua dulce en la tierra es: Del 0,8% existente, el 97% son aguas subterráneas y tan solo el 3% es agua superficial. A pesar de esto, en la mayoría de los casos no es conveniente para el consumo humano, por lo que se necesita llevar a cabo la remoción de las impurezas presentes para que cumpla con los parámetros permisibles de la normativa actual. (FUNASA, 2006), citado por (Lédo, 2009). En Ecuador, de acuerdo con el TULSMA decretado por el Ministerio del Ambiente, el valor máximo de turbiedad para el consumo humano y uso doméstico que únicamente requieran desinfección es de 5,0 NTU.

El sulfato de aluminio es el coagulante más usado en la de aguas, demostrando ser un buen producto para la remoción de color y turbidez. A su vez el aluminio residual en aguas de consumo humano resulta ser perjudicial para la salud humana, porque puede afectar de manera importante el sistema nervioso central. (ZULIA, 2007). Según (Crapper D.R., 1973), (Martyn, C.N. , 1989) y (Miller, R.G. , 1984) citado por (Lédo, 2009), sugieren que el aluminio puede inducir la enfermedad de Alzheimer. En la mayoría de los procesos de coagulación se usa ampliamente las sales de aluminio para el tratamiento de aguas.

En la actualidad, se ha incrementado una conciencia ambiental por el descubrimiento de alternativas de coagulación natural, como la utilización de las semillas de la moringa (*M. oleífera*). Hace muchos años se utilizaban coagulantes naturales de origen mineral y vegetal, antes de la aparición de los productos químicos como las sales de aluminio y férrico. (Ndabigengesere A., 1995).

¿Cuál es la eficiencia de la semilla de la moringa (*M. oleífera*) en la remoción de sólidos suspendidos totales (SST) en aguas?

1.2. JUSTIFICACIÓN

El agua superficial y residual se considera como una materia prima y un recurso, que como tal es aprovechable, y requiere de tratamiento en todas sus etapas. El agua limpia es un recurso de baja disponibilidad, es por eso que cuando se llega a contaminar es inexcusable y obligatorio someterla a un proceso que la devuelva a su entorno. (Paixão, 2005)

Este trabajo se realiza de acuerdo al Eje 1 del Objetivo 3 del plan nacional para el buen vivir, el cual se refiere a; Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones, (Senplades, 2013). De esta forma se promueve la búsqueda de alternativas más naturales y menos sintéticas para contribuir a la innovación, la investigación científica y al medio ambiente. Según (Trejo V.R., 2004); (Suay, 2002), citado por (Sandoval, 2013). Tomando en cuenta la salud humana, los coagulantes orgánicos naturales no causan daño

alguno, demostrando ser un punto positivo con relación a los coagulantes químicos, causantes de enfermedades de tipo neurodegenerativo como el Alzheimer y la atrofia pulmonar. Es necesario enfocarse hacia el futuro teniendo en cuenta que el interés de lo sustentable y el poder económico con una perspectiva humanitaria es imprescindible para un mejor desarrollo de la sociedad.

La presente investigación, desde el punto de vista de la Ingeniería Ambiental, busca una alternativa para la remoción de sólidos suspendidos totales (SST) en aguas mediante el uso de un polímero natural que contribuya al desarrollo sostenible y sustentable de la sociedad. En la parte socio-ambiental se puede utilizar la semilla de la moringa (*M. oleífera*), para la remoción de niveles de turbidez en el agua para su dotación en el sector rural.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la eficiencia de la semilla de moringa (*M. oleífera*) en la remoción de sólidos suspendidos totales (SST) en aguas.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener harina y polielectrolito de la semilla de moringa (*M. oleífera*).
- Realizar prueba de jarra con las diferentes concentraciones.
- Determinar diferencias estadísticas significativas en los tratamientos propuestos.

1.4. HIPÓTESIS

Al menos uno de los tratamientos muestra una mayor eficiencia en la remoción de sólidos suspendidos totales en agua.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. EL AGUA COMO DISOLVENTE

El agua es un “disolvente universal”, mismas que no son totalmente ciertas. Lo que se puede afirmar es que el agua es el mayor disolvente que existe en el planeta. Esta propiedad del agua se debe a que posee una constante dieléctrica elevada, a consecuencia de la naturaleza dipolar de sus moléculas. En las moléculas de agua, el átomo de oxígeno atrae con más fuerza hacia sí mismo a las dos parejas de electrones de enlace con cada átomo de hidrógeno, y debido a esto, en el átomo de oxígeno hay un exceso de carga positiva, por lo tanto, las moléculas de agua son minúsculas dipolares eléctricas. (UNAD, 2012)

En lo individual, el carácter dipolar del agua la convierte en un disolvente para los materiales polares o iónicos, como las sales, bases y ácidos, que son hidrofílicos (atracción al agua). Pero el agua no tiene la capacidad de disolver las sustancias no polares, como los aceites y las grasas, que son insolubles en el agua y se describen como sustancias hidrofóbicas (repulsión al agua). (UNAD, 2012)

Ciertos factores de la naturaleza y el ser humano como la salud, alimentación, variedad biológica y la economía se ven afectados directamente por la calidad del agua, es así que su calidad es proporcional al nivel de vida, ya que repercute en riqueza, pobreza y nivel educativo. (Torres, 2009)

En Ecuador existe la norma técnica ambiental que es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional. (Constitución del Ecuador, 1989)

La presente norma técnica determina o establece:

- Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado.
- Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos.
- Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

Según (De Vargas L., 2004), “La calidad del agua depende de una cantidad de parámetros físico-químicos y microbiológicos, mismos que varían su composición de acuerdo al origen”

Los riesgos existentes en la salud del ser humano relacionado con los compuestos químicos del agua se dan por la posibilidad de que esas sustancias puedan provocar efectos negativos en largos periodos de exposición, al menos que se deba a un tipo de exposición única, como, por ejemplo: una gran contaminación fortuita. (OMS , 2006)

2.2. COAGULACIÓN

Según (GAO, 2002), (Okuda, 2001), y (Jiang, 2002), citado por (Caldera, 2007). La coagulación se utiliza comúnmente en el tratamiento de aguas para la

remoción de impurezas coloidales y disueltas, aportando a la agregación de flóculos que pueden eliminarse en procesos subsiguientes. Los coagulantes pueden ser inorgánicos, polímeros orgánicos sintéticos y naturales. Los más usados son: sulfato de hierro, sulfato de aluminio y cloruro férrico.

Este proceso es consecuencia de dos aspectos; Uno químico, que forma partículas hidrolizadas con carga positiva, dependiendo de la concentración del coagulante y pH. Y otro físico, que arrastra las partículas hidrolizadas para juntarse con las impurezas. (O'Melia, C. R. , 1969)

Según (Acosta, 2006). El coagulante en el agua, se hidroliza y produce la desestabilización de las partículas, normalmente con carga positiva, en la neutralización de las cargas, o por interacción con iones disponibles. Esta teoría química se sustenta en la estabilidad de los coloides.

2.3. POTENCIAL Z

Es la variación de potencial que hay entre la superficie donde se separan las partes móviles y fijas y el seno del líquido. Cuando la concentración del electrolito crece, cae el potencial Z, ya que la mayor parte de la caída del potencial se da en la parte fija. Y cuando el potencial Z se reduce, las partículas chocan y se unen. Como consecuencia, los agregados que se han formado, han vencido la tensión superficial y la repulsión electrostática. Cuando el potencial Z vale cero es donde se da de mejor manera la floculación, ya que se evade el equilibrio de fuerzas que evitan la suspensión de las partículas coloidales. (Seisdedos L., 1998), citado por (Acosta, 2006).

2.4. FLOCULACIÓN

Según (Edeline F, 1990), citado por (Cárdenas, Y., 2000). La floculación es el proceso que consiste en el movimiento de la masa coagulada, permite el desarrollo y aglutinamiento de los flóculos recién hechos, e incrementa el peso que se necesita para llevar a cabo el proceso de sedimentación. Los flóculos pequeños se unen formando aglomerados que logran sedimentar. Un mezclado lento favorece la floculación y permite unir de a poco los flóculos, además un mezclado muy abrupto los daña, haciendo muy difícil devolverlos a su forma natural y fuerza óptima. Este proceso extiende el tamaño de las partículas, y su peso específico aumenta.

Los tipos de floculación son:

Floculación pericinética: Es producida por el desplazamiento natural de las moléculas de agua, se induce por la energía térmica, también se lo conoce como el movimiento browniano. (Edeline F, 1990), citado por (Cárdenas, Y., 2000).

Floculación ortocinética: Dado en las colisiones de partículas producidas por el movimiento del agua, se induce por una energía externa a la masa de agua y puede ser mecánico o hidráulico. Luego de coagulada el agua viene la aglomeración de los microflóculos, primero debe realizarse la floculación pericinética y después la floculación ortocinética. (Edeline F, 1990), citado por (Cárdenas, Y., 2000).

Según (Desjardins R., 1992) citado por (Cárdenas, Y., 2000) establece los siguientes parámetros para el proceso de floculación:

- Floculación Ortocinética.
- Gradiente de Velocidad.
- Número de colisiones.
- Tiempo de retención.
- Densidad y tamaño de floc.
- Volumen de lodo

Los floculantes son polielectrolitos con pesos moleculares muy altos, se conocen como moléculas orgánicas hidrosolubles originadas por capas (monómeros), dispuestos en cadena. Se encuentran de tipo mineral, orgánico natural y orgánico de síntesis. (Desjardins R., 1992), citado por (Cárdenas, Y., 2000)

Se distinguen 3 tipos de floculantes:

Floculantes minerales: Se encuentran en la sílice activada, y se debe preparar antes de su uso, hay que ser muy cuidadoso ya que se puede gelatinizar. Crea una cierta neutralización de la alcalinidad de silicato de sodio en solución. (Desjardins R., 1992), citado por (Cárdenas, Y., 2000)

Floculantes orgánicos naturales: El origen de los floculantes orgánicos se da partir de sustancias animales o vegetales. (Desjardins R., 1992), citado por (Cárdenas, Y., 2000)

Floculantes orgánicos de síntesis: Su uso es muy frecuente, son moléculas grandes de una cadena larga, son producto de la unión de monómeros sintéticos con gran masa molecular de hasta 107 gr. /mol. (Desjardins R., 1992), citado por (Cárdenas, Y., 2000)

2.5. SEDIMENTACIÓN

El agua presenta partículas que provienen en su mayoría de la erosión y están compuestas por residuos orgánicos, éstas aumentan la turbidez en el agua. Los sedimentos en el análisis de agua se pueden clasificar como depositado o suspendido. Se denomina como sedimento depositado al que se encuentra en el lecho de un lago o en un río, los suspendidos son los de mayor importancia en el proceso de potabilización, ya que las características fisicoquímicas determinan la calidad del agua para la remoción. (González, 2014)

Se denomina sedimentación a la remoción de las partículas en suspensión en el agua por acción de la gravedad. El peso específico de las partículas debe ser mayor que el fluido. (Maldonado, V. , 2004)

La sedimentación un fenómeno físico, que se utiliza para clarificar el agua en las plantas potabilizadoras. Se relaciona exclusivamente con las propiedades de caída de las partículas en el agua. Cuando las partículas se sedimentan, el resultado final será un fluido clarificado. (Maldonado, V. , 2004)

La sedimentación de partículas se da en diferentes formas, dependiendo de sus características, así como su concentración, sus formas son: sedimentación de

partículas floculentas, sedimentación de partículas discretas y sedimentación de partículas por caída libre e interferida. (Maldonado, V. , 2004)

La sedimentación según el tipo de partículas se clasifica en:

Sedimentación de partículas discretas: Las partículas discretas son aquellas las que no cambian de características (forma, tamaño, densidad) durante la caída. (Maldonado, V. , 2004)

Se llama sedimentación al proceso de depósito de partículas discretas. Estas partículas y la forma de sedimentación se encuentran en los desarenadores, pre sedimentadores y sedimentadores para la coagulación en las plantas de tratamiento. (Maldonado, V. , 2004)

Sedimentación de partículas floculentas: Las partículas desestabilizadas a consecuencia de los coagulantes químicos que se aglomeran se las denomina floculentas. (Maldonado, V. , 2004)

Las características de las partículas floculentas cambian durante la caída a diferencia de las partículas discretas.

Se nombra sedimentación floculenta al proceso de depósito de partículas floculentas. Están presentes en la clarificación de aguas, como proceso intermedio entre la coagulación-floculación y la filtración rápida. (Maldonado, V. , 2004)

Sedimentación por caída libre e interferida: Estas partículas se depositan sin interferir cuando existe una baja concentración de partículas muy bajas en el agua. Se denomina a este fenómeno caída libre. En cambio, cuando hay altas concentraciones de partículas, se producen colisiones que las mantienen en una posición fija y ocurre un depósito masivo en lugar de individual, denominándose esta sedimentación depósito o caída interferida o sedimentación zonal. La zona de compresión se produce cuando las partículas que están en contacto forman una masa compacta que inhibe una mayor consolidación. Este tipo de sedimentación está presente en los concentradores de lodos de las unidades de decantación con manto de lodos. (Maldonado, V. , 2004)

2.6. SÓLIDOS

La palabra sólido hace referencia a la materia en estado de suspensión dentro de un medio acuoso. En las aguas residuales se pueden encontrar todo tipos de sólidos, diferenciándose los orgánicos de los inorgánicos. Los sólidos se clasifican en disueltos, totales y suspendidos. (Gómez G., 2009)

Todos los contaminantes en el agua contribuyen a la “carga de sólidos”, con excepción de los gases disueltos. Su origen puede ser de origen orgánico e inorgánico. Se originan de las diferentes actividades comerciales, domesticas o industriales. El concepto general de solidos es el que describe a toda materia sólida que persiste como residuo después de la evaporación y el secado de una muestra en un volumen determinado, sometido una temperatura de 103 a 105 °C. Para la determinación de solidos se utilizan métodos empíricos, son muy fáciles de realizar y son diseñados para obtener información sobre los tipos de sólidos presentes. (Choque, 2013)

Los sólidos suspendidos totales (SST) son parámetros utilizados en los tratamientos de aguas y la evaluación de la calidad de agua. Establecen la cantidad de sólidos (medidos habitualmente en miligramos por litro - mg/l), presentes, en suspensión. (Severiche, C. , 2013)

La calidad de un cuerpo de agua puede verse afectada adversamente por los sólidos disueltos. Las aguas con un alto contenido de sólidos disueltos no son de buen agrado para los seres humanos y puede provocar una reacción fisiológica desfavorable en las personas. (Severiche, C. , 2013)

La palabra sólidos hace referencia la materia suspendida o disuelta en un medio acuoso. Para la determinación de sólidos disueltos totales se mide el total de residuos sólidos filtrables (sales y residuos orgánicos) a través de una membrana con poros de 2.0 μm (o más pequeños). (Gómez G., 2009)

Los residuos no filtrables o los sólidos suspendidos totales de una muestra en el agua natural, residual industrial o doméstica, se los definen como la fracción de sólidos retenidos por un filtro de fibra de vidrio que se secará a 103-105°C hasta un peso constante. (Severiche, C. , 2013)

La calidad de un cuerpo de agua puede verse afectada adversamente por los sólidos disueltos. Las aguas con un alto contenido de sólidos disueltos no es de buen agrado para los seres humanos y puede provocar una reacción fisiológica desfavorable en las personas. (Severiche, C. , 2013)

Según la sedimentabilidad los sólidos se clasifican en:

- Sólidos en suspensión o suspendidos (SS): (33 %) se basa en la retención de partículas a través de un filtro y se clasifican en Sólidos Sedimentables o Coloidales. (D'angelo M. , 2016)
- Sólidos Sedimentables: tienen la capacidad de decantar o flotar con el agua en reposo, se pueden eliminar fácilmente mediante procesos físicos o mecánicos. (D'angelo M. , 2016)
- Sólidos Coloidales: Son los que no se sedimentan ni flotan si el agua está en estado de reposo, o en un tiempo computable. No pueden ser eliminados por métodos físicos o mecánicos, obligando a utilizar un proceso de coagulación y floculación. (D'angelo M. , 2016)
- Sólidos Disueltos: (90 %) las técnicas anteriores no son efectivas para eliminarlos, sino a través de cambios de temperatura, efectos quelantes, pH, etc. O través de sistemas de membranas, ósmosis inversa, nanofiltración, ultrafiltración. (D'angelo M. , 2016)

La clasificación de los sólidos por su volatilidad es la siguiente:

- Sólidos Fijos: Son los que permanecen en el agua después de una calcinación a 550 °C, durante una hora. (D'angelo M. , 2016)
- Sólidos Volátiles: Son los que no quedan después de la calcinación anterior, y se calculan restando a los totales los fijos. (D'angelo M. , 2016).

2.7. TURBIDEZ

La turbidez en el agua se asocia a la presencia de partículas en suspensión o coloidales. Las partículas en suspensión se conforman básicamente de arcilla,

minerales, sedimentos, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, plancton, bacterias y otros microorganismos. Las arcillas forman en mayor parte la turbiedad del agua, que constituyen un material natural, terroso, de gránulos muy finos, compuestos de sílice, aluminio y agua, frecuentemente con cantidades apreciables de hierro, álcalis y tierra alcalina (Barrenechea, 2004)

La turbiedad es un parámetro físico crítico para definir la calidad de agua, tanto para aguas crudas de abastecimiento, como para las aguas tratadas. Su medición es rápida, económica y de fácil interpretación para los operadores de planta y se realiza mediante un turbidímetro o nefelómetro. (Montoya, 2011)

El valor de aceptación de la turbidez es diferente a nivel mundial como se muestra en el cuadro 2.1. (Barrenechea, 2004)

Cuadro 2.1. Valores aceptables de turbidez

ENTIDAD	PAÍS	CRITERIO	ACEPTACIÓN TURBIEDAD
<i>USEPA (1998)</i>	US	≤ 2 UNT	Agua clarificada
<i>AWWA (2001)</i>	Canadá	1 UNT objetivo	Agua clarificada
	Estados Unidos		
	México y Puerto Rico.	5 UNT máximo	
<i>Ministerio de Ambiente (2015)</i>	Ecuador	5 UNT	Agua que solo requieren desinfección
<i>Unión Europea (1998)</i>	Unión Europea	1 UNT	Agua tratada
<i>OMS</i>		1 UNT	Agua filtrada Antes de desinfección

2.8. COLOR

Generalmente el agua es incolora y transparente, pero esto no se da siempre. El agua en los mares, embalses, lagos y ríos pueden contener partículas de origen inorgánico en suspensión, haciendo que tome una coloración grisácea o marrón.

En ciertos casos llegan a ser muy evidentes las coloraciones de aguas influenciadas por el desarrollo de ciertos microorganismos, ya que se encuentran en gran cantidad en los diferentes cuerpos de agua formando la base de las cadenas tróficas del plancton. (Gardey., *et al*, 2010)

El color natural del agua, excepto el proveniente de la industria, suele darse por:

- Extracción acuosa de sustancias de origen vegetal;
- Descomposición de materia;
- Materia orgánica del suelo; y
- Presencia de hierro, manganeso y demás compuestos metálicos.

Se lo divide en color aparente y color verdadero. El primero se observa en el agua natural y el último en el agua filtrada. Para la remoción del color se usan compuestos químicos como sales de aluminio y de hierro. (Barrenechea, 2004)

2.9. INVESTIGACIONES ACTUALES SOBRE LA MORINGA (*M. oleífera*)

Es un árbol procedente del sur del Himalaya, que se ha expandido a otras partes del mundo como el sudeste asiático, Asia Occidental, Península Arábiga, África del Este y del Oeste, sur de la Florida, Caribe, Centroamérica y gran parte de América del Sur. La moringa en América tropical generalmente es cultivada como

planta ornamental, se cree que fue traída desde la India a África por los colonizadores ingleses para que después sea introducida por los franceses en El Caribe y de allí a Centroamérica. (Ruiz R., 2012)

Según la (APG , 2009), Citado por (Ruiz R., 2012). La moringa pertenece a la familia Moringaceae, un grupo pequeño de plantas dentro del inmenso orden Brassicales que incluye la familia de la col y del rábano, junto con la familia del mastuerzo y de las alcaparras.

Para (Robert E., 2008) citado por (Agarwal, 2013). El nombre de la moringa se deriva de la palabra Tamil Murungai de la India, está conformada por 13 especies de los climas tropicales y subtropicales, su tamaño varía desde pequeñas hierbas hasta árboles inmensos. La moringa es la especie más cultivada. La *Moringa stenopetala* es una especie ampliamente cultivada en África, pero con una extensión mucho menor que la oleífera.

La clasificación científica de la moringa es la siguiente:

Reino:	Plantae
Orden:	Brassicales
Familia:	Moringaceae
Género:	Moringa

2.10. SEMILLAS DE MORINGA (*M. oleífera*) COMO COAGULANTE

Un agente activo presente en las semillas de moringa (*M. oleífera*), puede llegar a desarrollar su uso como coagulante alternativo en el tratamiento de aguas. Ciertos estudios realizados acerca de esta semilla, han demostrado que contiene péptidos catiónicos con un peso molecular entre 6 y 16 KDa (Kilodalton). (Gassenschmidt U., 1995), (Ndabigengesere A., 1995), citado por (Campos, 2013).

Resultados de laboratorio manifiestan que 9 de los 17 aminoácidos caracterizados en el agente activo de las semillas de (*M. oleífera*) tienen grupos radicales polares (Holde, 1999), citado por (Campos, 2013), (Serina, Treonina, Tirosina, Cisteína, Histidina, Arginina, Lisina, Ac. Aspártico y glutamina), y les corresponde un 4,135% p/p; son hidrófilos, y se asocian con el agua dependiendo de la carga de cada uno de ellos. Los aminoácidos sin carga (Cis, Tir, Ser y Tre) tienen debilidad polar. Los aminoácidos con carga positiva (Lis, His y Arg) tienen una fuerte polaridad, facilitando su hidratación por el entorno acuoso que los circunda cuando se encuentran en la superficie de las proteínas, y los de carga negativa (Asp y Glu) que también son hidrófilos y cuentan con las mismas características.

La presencia de estos aminoácidos determina que el agente activo de las semillas de (*M.oleífera*) es un polielectrolito que contiene carga positiva y negativa, facilitando su interacción con las partículas coloidales que están relacionadas con la turbiedad en aguas, aportando al proceso coagulación-floculación y provocando la formación de un puente químico que una y promueva el crecimiento de las partículas para su posterior precipitación. (Holde, 1999), citado por (Campos, 2013)

CAPITULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La investigación se realizó en el laboratorio del área agroindustrial de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”, ubicada en el sitio El Limón del cantón Bolívar, provincia de Manabí. Las coordenadas del lugar de investigación son 0°49'36”S80°11'10”W.

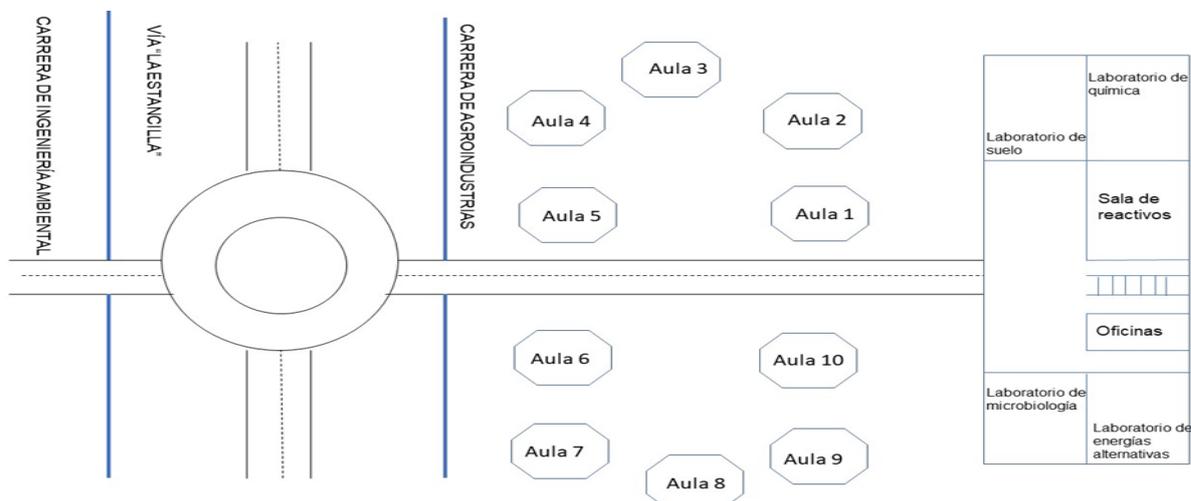


Figura 3.1. Ubicación

3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO

La investigación tuvo una duración de 9 meses desde el mes de Abril del 2017 hasta Enero del 2018.

3.3. MÉTODOS, TÉCNICAS

3.3.1. MÉTODO

El método utilizado fue deductivo experimental, por medio del cual se observaron los factores a estudiar, se creó una hipótesis para explicar dichos factores, se dedujeron las consecuencias y se comprobó su nivel de veracidad.

3.3.2. TÉCNICAS

- Obtención de harina (García, 2007)
- Extracción crudo salina (Caldera, 2007)
- Pruebas de jarra basado en (Casas, 1992) citado por (González, 2014)

3.4. FACTORES EN ESTUDIO

Factor A: Coagulante

- A1: Sulfato de Aluminio (Testigo)
- A2: Harina de la semilla de moringa
- A3: Polielectrolito de la semilla de moringa

Factor B: Dosis

- B1:4 ml
- B2: 2 ml
- B3:0,5 ml

3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

Esta investigación fue de carácter experimental y estuvo sujeta a un Diseño Completamente al Azar (DCA) en arreglo bifactorial (3x2). Para cada tratamiento se realizaron 10 réplicas (Gutiérrez, 2008).

Cuadro 3.1. Composición de tratamientos

Tratamiento	Nomenclatura	Coagulante	Dosis	Agua Sintética
T1	A1B1	Sulfato de Aluminio	4 ml	500 ml
T2	A1B2	Sulfato de Aluminio	2 ml	500 ml
T3	A1B3	Sulfato de Aluminio	0,5 ml	500 ml
T4	A2B1	Harina de moringa	4 ml	500 ml
T5	A2B2	Harina de moringa	2 ml	500 ml
T6	A2B3	Harina de moringa	0,5 ml	500 ml
T7	A3B1	Polielectrolito de moringa	4 ml	500 ml
T8	A3B2	Polielectrolito de moringa	2 ml	500 ml
T9	A3B3	Polielectrolito de moringa	0,5 ml	500 ml

3.6. UNIDAD EXPERIMENTAL

Se experimentó el agua sintética a 100 UNT con un volumen de 500 ml en jarras de vidrio pírex, en total se tuvo 90 unidades experimentales.

3.7. VARIABLES A MEDIR

3.7.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Semilla de moringa (*M. oleífera*)

3.7.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Porcentaje de remoción de sólidos suspendidos totales (SST)

3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

ANOVA análisis de varianza de una vía (InfoStat), para evaluar si existe una diferencia significativa en los resultados obtenidos.

Cuadro 3.2. Análisis estadístico

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD
TOTAL	89
GRADOS DE LIBERTAD	8
FACTOR A	3
FACTOR B	3
AxB	9
ERROR EXPERIMENTAL	81

3.9. MANEJO DEL EXPERIMENTO

La ejecución del trabajo de investigación se realizó en las siguientes fases:

3.9.1. FASE 1. OBTENCIÓN DE HARINA Y POLIELECTROLITO DE LA SEMILLA DE MORINGA (M. OLEÍFERA)

ACTIVIDAD 1. RECOLECCIÓN DE LAS SEMILLAS DE MORINGA (M. OLEÍFERA): Las semillas de moringa (*M. oleífera*) fueron recolectadas en la ciudadela El Palmar de la ciudad de Manta. Como lo cita (Turriago, 2012), las vainas se maduraron en el árbol y se cosecharon cuando ya estaban secas y de color café.



Figura 3.2. Ciudadela El Palmar

ACTIVIDAD 2. OBTENCIÓN DE LA HARINA: Siguiendo el método de (Caldera, 2007), las semillas fueron abiertas; se les retiró la cáscara que cubre la almendra interna, y se pulverizaron mediante un molino. Luego, se procedió a tamizar en una malla 35 MESH de 500 micras para obtener una harina de color blanco amarillento.

ACTIVIDAD 3. OBTENCIÓN DEL POLIELECTROLITO: Una vez obtenida la harina, se prepararon concentraciones al 5 % (p/v) de semillas pulverizadas en alcohol al 65 % de pureza. Se agitó la disolución por 30 minutos, se dejó en reposo durante 1 hora. Luego de esto se removió el sobrenadante mediante una pipeta, y los sólidos sobrantes se dejaron secar a temperatura ambiente por un día y con la estufa a 70 °C durante 3 horas. Después, se extrajo el componente activo de las semillas mediante la preparación de una disolución al 5 % de NaCl 0,25 M (García, 2007).

Esta disolución se agitó por 1 hora, y una vez transcurrido ese tiempo, se pasó por un filtro de papel. El líquido obtenido en la filtración compone el extracto crudo salino. El extracto del compuesto activo obtenido se conservó en buen estado refrigerándolo a 4°C, o bien congelándolo a -20 ° C si se usaba posteriormente. (García, 2007)

3.9.2. FASE 2. APLICACIÓN DEL MÉTODO DE PRUEBA DE JARRA CON LAS DIFERENTES CONCENTRACIONES

Se llevó a cabo el procedimiento de prueba jarras para determinación de dosis, basado en (Casas, 1992), citado por (González, 2014).

ACTIVIDAD 4. PREPARACIÓN DE AGUA TURBIA SINTÉTICA: Se recolectó manualmente una porción de suelo en los exteriores del laboratorio agroindustrial de la ESPAM MFL. Posteriormente fue tamizado para obtener un suelo arcilloso. Se prepararon disoluciones del suelo obtenido en el agua hasta obtener una turbidez de 100 NTU; para ello fue necesario diluir 16 gr en 4 litros de agua, obteniendo a la vez 294 mg/l de SST.

ACTIVIDAD 5. DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA: En esta prueba se buscó formar un floc (partículas pequeñas aglutinadas en partículas más grandes y con mayor capacidad de sedimentación que se obtiene mediante tratamiento químico, físico o biológico) compacto y pesado que pueda ser removido por sedimentación o que pueda ser retenido en un filtro, para lo cual se realizaron los siguientes pasos:

- Al agua se le determinó mediante el espectrofotómetro (Spectroquant Move 100): sólidos suspendidos totales, y turbidez
- En cada vaso del equipo de jarras se agregaron 500 ml de agua turbia sintética, previamente agitada por un tiempo de 5 minutos.
- Se prepararon dosis altas, (4 ml) medias (2 ml) y bajas (0,5 ml) de la harina, el polielectrolito extraído de las semillas de moringa (*M. Oleífera*), y del sulfato de aluminio (testigo), todas a una concentración del 5%.
- Se ubicaron las paletas dentro de las jarras.
- Se activó el sistema de agitación a la velocidad máxima (280 rpm).
- Durante la agitación, se agregaron las diferentes dosis correspondientes a cada tratamiento, a la misma profundidad y al mismo tiempo.
- A los 30 segundos de agitación, se disminuyó la velocidad de rotación de las paletas a 30 rpm y se dejó flocular durante 15 minutos.
- Transcurrido el tiempo de floculación, se suspendió la agitación y se extrajo las paletas, ubicando las jarras con sumo cuidado sobre la mesa.
- Pasados 5 minutos de sedimentación se tomaron muestras de cada jarra a la misma profundidad y al mismo tiempo, luego se les volvió a determinar los parámetros de sólidos suspendidos totales, y turbidez.

Los parámetros a medir fueron:

Cuadro 3.3. Parámetros a monitorear

PARÁMETRO	UNIDAD
SST	mg/l
Turbidez	NTU

ACTIVIDAD 6. APLICACIÓN DE LA FÓRMULA DE EFICIENCIA: Se aplicó la siguiente fórmula a los tratamientos y sus respectivas repeticiones. (Ecuación 3.1.):

$$\text{Eficiencia de la semilla de moringa (SST)} = \frac{\text{SST inicial} - \text{SST final}}{\text{SST inicial}} \times 100$$

Ecuación 3.1. Porcentaje de eficiencia en la remoción de sólidos suspendidos totales

3.9.3. FASE 3. DETERMINAR DIFERENCIAS ESTADÍSTICAS SIGNIFICATIVAS EN LOS TRATAMIENTOS PROPUESTOS

ACTIVIDAD 7. DETERMINACIÓN DE DIFERENCIAS ESTADÍSTICAS SIGNIFICATIVAS EN LOS TRATAMIENTOS PROPUESTOS: Se determinaron diferencias estadísticas significativas de los tratamientos propuestos mediante el software InfoStat.

Paso 1. Copiar la base de datos desde Excel al software estadístico InfoStat.

	A	B
1	Semilla de Moringa	Remoción de SST
2	4 ml harina	67,6
3	4 ml harina	75,2
4	4 ml harina	68,8
5	4 ml harina	85,2
6	4 ml harina	85,2
7	4 ml harina	81,6
8	4 ml harina	80,8
9	4 ml harina	91,2
10	4 ml harina	88
11	4 ml harina	82,8
12	4 ml Sulfato de Aluminio	81,2
13	4 ml Sulfato de Aluminio	69,2
14	4 ml Sulfato de Aluminio	80,8
15	4 ml Sulfato de Aluminio	91,6
16	4 ml Sulfato de Aluminio	86,8
17	4 ml Sulfato de Aluminio	77,2
18	4 ml Sulfato de Aluminio	80,8
19	4 ml Sulfato de Aluminio	76
20	4 ml Sulfato de Aluminio	81,2
21	4 ml Sulfato de Aluminio	82,8
22	4 ml Polielectrolito	65,2
23	4 ml Polielectrolito	69,6
24	4 ml Polielectrolito	64
25	4 ml Polielectrolito	94,8

Ilustración 3.1. Base de datos

Paso 2. Abrir el programa, hacer clic en “archivo” y después en “nueva tabla”.

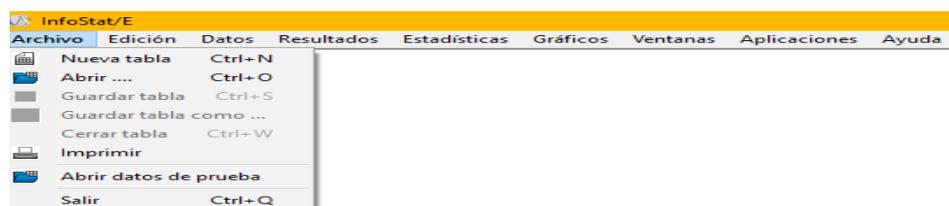


Ilustración 3.2. Selección de nueva tabla.

Paso 3. Tabla nueva para ingresar datos.

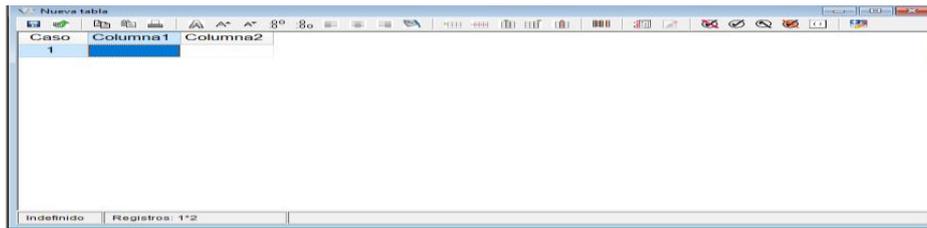


Ilustración 3.3. Tabla nueva

Paso 4. Hacer clic derecho, seleccionar “pegar incluyendo nombres de columnas”.

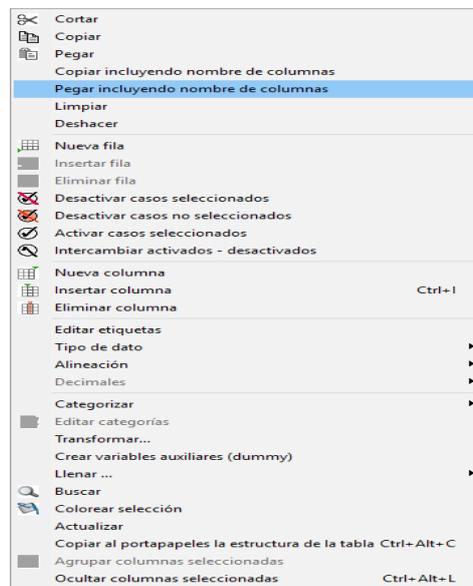


Ilustración 3.4. Selección de la opción pegar

Paso 5. Datos ingresados

The screenshot shows a window titled 'Nueva tabla' with a menu bar (Archivo, Edición, Datos, Resultados, Estadísticas, Gráficos, Ventanas, Aplicaciones, Ayuda) and a toolbar. The table contains 13 rows of data. The status bar at the bottom indicates 'Real' and 'Registros: 90*2'.

Caso	Semilla de Moringa	Remoción de SST
1	4 ml harina	67,60
2	4 ml harina	75,20
3	4 ml harina	68,80
4	4 ml harina	85,20
5	4 ml harina	85,20
6	4 ml harina	81,60
7	4 ml harina	80,80
8	4 ml harina	91,20
9	4 ml harina	88,00
10	4 ml harina	82,80
11	4 ml Sulfato de Aluminio	81,20
12	4 ml Sulfato de Aluminio	69,20
13	4 ml Sulfato de Aluminio	80,80

Ilustración 3.5. Datos ingresados

Paso 6. Una vez ingresados los datos, hacer clic en “estadística” y elegir la opción “Análisis de Varianza”.

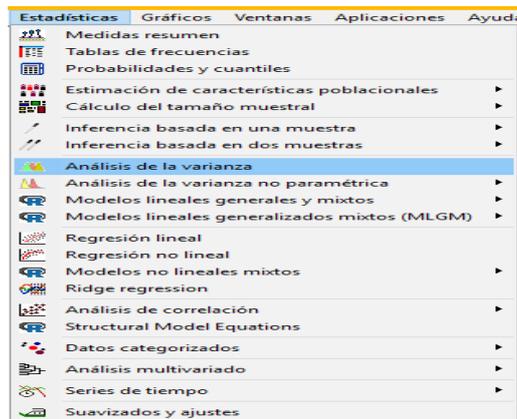


Ilustración 3.6. Selección de análisis de varianza

Paso 7. Ingresar las variables en estudio.

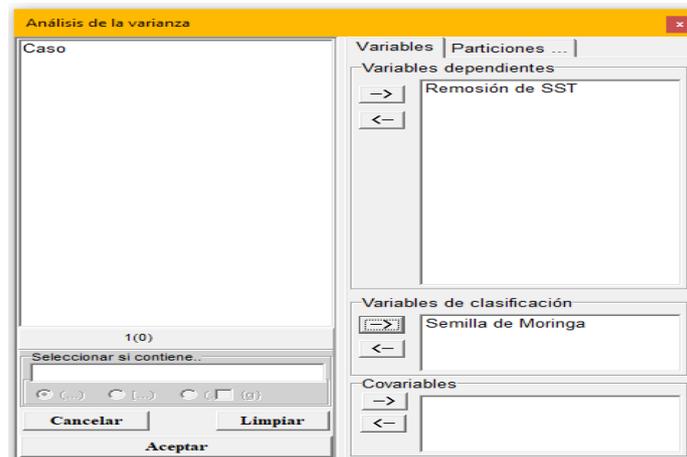


Ilustración 3.7. Ingreso de variables

Paso 8. Seleccionar el método de comparación

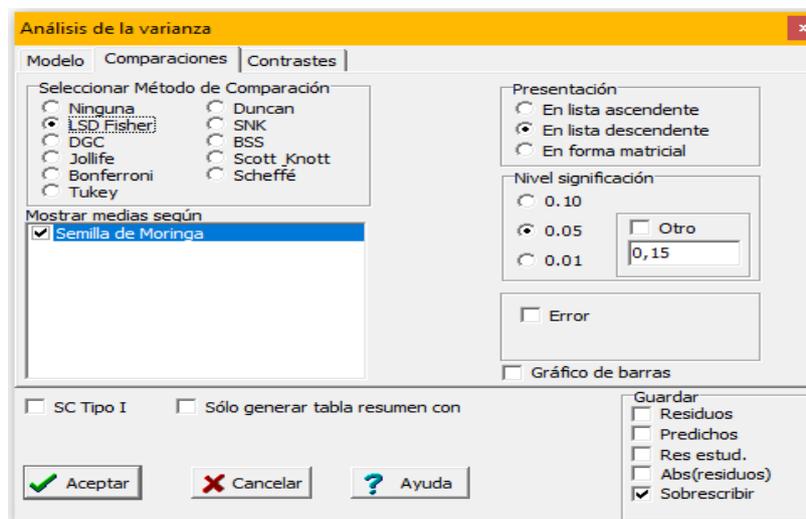


Ilustración 3.8. Selección del método de comparación

Paso 9. Obtención de los resultados en la tabla de ANOVA.

Resultados

Modelo.	6310,91	8	788,86	12,39	<0,0001
Semilla de Moringa	6310,91	8	788,86	12,39	<0,0001
Error	5158,03	81	63,68		
Total	11468,94	89			

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=7,10067
 Error: 63,6794 gl: 81

Semilla de Moringa	Medias	n	E.E.	
0,5 ml Polielectrolito	94,84	10	2,52	A
0,5 ml Sulfato de Aluminio..	93,64	10	2,52	A
2 ml Sulfato de Aluminio	91,32	10	2,52	A B
4 ml Polielectrolito	85,36	10	2,52	B C
2 ml Polielectrolito	81,48	10	2,52	C D
4 ml Sulfato de Aluminio	80,76	10	2,52	C D
4 ml harina	80,64	10	2,52	C D
2 ml harina	75,28	10	2,52	D
0,5 ml harina	67,76	10	2,52	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

ANAVA

Ilustración 3.9. Selección del método de comparación

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. OBTENCIÓN DE HARINA Y POLIELECTROLITO DE LA SEMILLA DE MORINGA (*M. oleífera*).

Se recolectaron en la Cdla. “El Palmar” de la ciudad de Manta, un total de 297 semillas en un período de 5 meses, obteniendo un promedio de cosecha de aproximadamente 15 semillas por semana. (Cuadro 4.1). El uso de la semilla se sustenta porque entre todas las especies investigadas, las semillas de moringa han demostrado una mayor efectividad como coagulante para el tratamiento de agua. (Sutherland, 2001)

Cuadro 4.1. Recolección de semillas de moringa

Lugar	Cantidad de semillas	Periodo de Recolección
Cdla. “El Palmar”	297	5 meses

En el Cuadro 4.2 se muestra la cantidad de harina obtenida antes y después del proceso de tamizado. Esto se llevó a cabo al ver la similitud en el tipo de proceso de (Caldera, 2007) y (Okuda, 2001), donde manifiestan que se extrajeron las semillas y se pulverizaron mediante un molino; luego se tamizó para obtener un polvo más fino, el cual se envasó y colocó en un recipiente para su posterior utilización.

Cuadro 4.2. Cantidad de harina de moringa obtenida

Cantidad de harina inicial	Cantidad de harina después del tamizado
130, 4 gr	75,1 gr

Como muestra el cuadro 4.3. Luego del proceso de obtención, se produjeron 100 ml del polielectrolito de moringa (extracto crudo salino), para lo cual se utilizaron 14,625 g de NaCl en 100 ml de agua destilada junto con 5 g de harina de moringa previamente procesada en 100 ml de alcohol al 65% de pureza, siguiendo el procedimiento de (García, 2007).

Cuadro.4.3.Obtención de polielectrolito

Cantidad de harina	Alcohol	Agua destilada	Cloruro de Sodio	Polielectrolito
5 gr	100 ml (65%)	100 ml	14,625 gr	100 ml

4.2. APLICACIÓN DEL MÉTODO DE PRUEBA DE JARRA CON LAS DIFERENTES CONCENTRACIONES

4.2.1. PREPARACIÓN DE AGUA TURBIA SINTÉTICA

Los niveles obtenidos de turbidez y sólidos suspendidos totales en las muestras de agua sintética se detallan en el Cuadro 4.4.

Cuadro 4.4. Valores obtenidos de turbidez y SST

Turbidez obtenida	SST obtenidos
100 NTU	250 mg/l

(Muyibi, 1995) utilizó una turbidez inicial entre (75 y 150 NTU), obteniendo dosis óptimas con porcentajes de remoción de (80,1% y 94,3%).

4.3. DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA

El mejor resultado en cuanto a la harina de moringa fue del (78,4 %), el sulfato de aluminio mostró una eficiencia del (95,6 %) en el mejor de los casos. Sin embargo, la eficiencia más alta se dio con el uso del polielectrolito, al mostrar un porcentaje de (98 %) en la remoción de SST (dosis 0,5 ml). De esta manera se coincide con el criterio de (Okuda, 2001); Quien menciona que la mejor remoción de turbidez se presenta cuando se utiliza el extracto crudo salino (polielectrolito) con o sin cáscara, concluyendo que la solución salina genera la mayor extracción del componente coagulante de las semillas, como se muestra en el Gráfico 4.1.

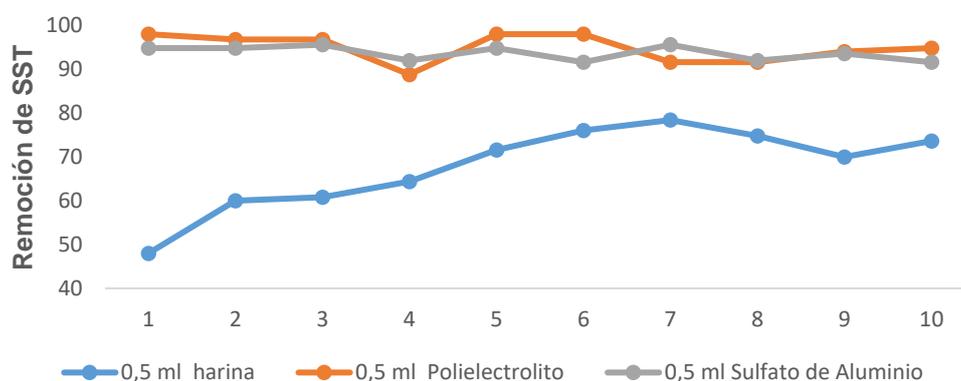


Gráfico 4.1. Eficiencia de los tratamientos con dosis de 0,5 ml

Cuando se utilizó la dosis de 2 ml en los tratamientos, como se muestra en el Gráfico 4.2. El sulfato de aluminio fue el más eficiente en las 10 réplicas realizadas con porcentajes de (94,8 %, 93,6 %, 93,6 %) de remoción. Las dos alternativas de la semilla de moringa no fueron superiores a la opción comercial en ninguno de los casos, siendo el más alto (85,6 %) el de la harina, y (92 %) del polielectrolito.

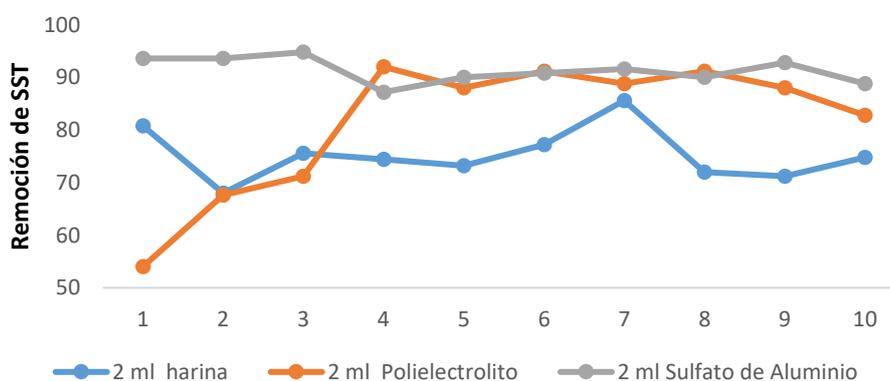


Gráfico 4.2. Eficiencia de los tratamientos con dosis de 2 ml

En el Gráfico 4.3. Se muestra cómo se comportó el agua turbia frente a la dosificación de 4 ml. La eficiencia del polielectrolito se manifestó en los siguientes porcentajes (69,6 %, 65,2% y 64 %, pero luego se despuntó hasta

llegar a una eficiencia del 94,8 % en el mejor de los casos) y la harina (75,2 %, 67,6 %, 68,8 %, 85,2 %, 85,2 %, 81,6 %, 80,8 %, 91,2 %, 88 % y 82,8 %). La opción comercial (sulfato de aluminio) mostró superioridad en casi todos los casos (81,2 % y 80,8 %), pero el (69,2 %) fue la eficiencia más baja, siendo superado en su mayoría por la alternativa de origen natural.

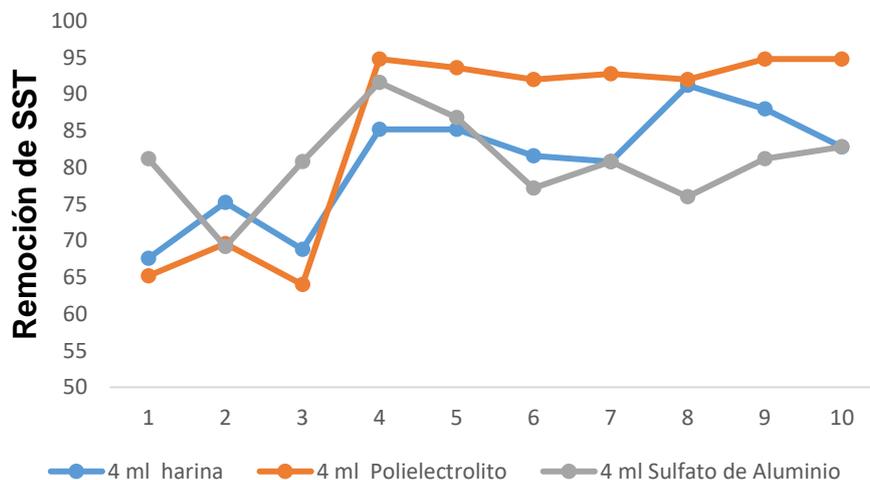


Gráfico 4.3. Eficiencia de los tratamientos de 4 ml

Se evidencia en el Gráfico 4.4 el nivel de eficiencia de la semilla de moringa en la remoción de turbidez. Parámetro que fue tomado en cuenta en la investigación por su relación directa con los sólidos suspendidos totales en cuanto a la claridad del agua, para determinar con mayor sustento científico la eficiencia de la semilla.

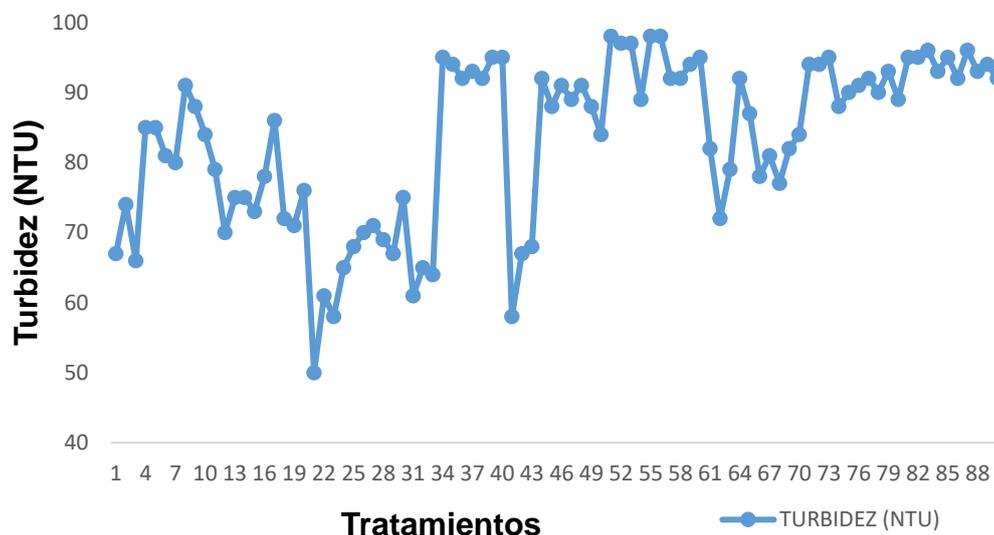


Gráfico 4.4. Eficiencia en los tratamientos en base al parámetro de turbidez

El (98%) de eficiencia de la semilla de moringa en la remoción de SST en el agua (dosis 0,5 ml) superó en la mayoría de los casos a la opción comercial (sulfato de aluminio) como se muestra en el gráfico 4.5.

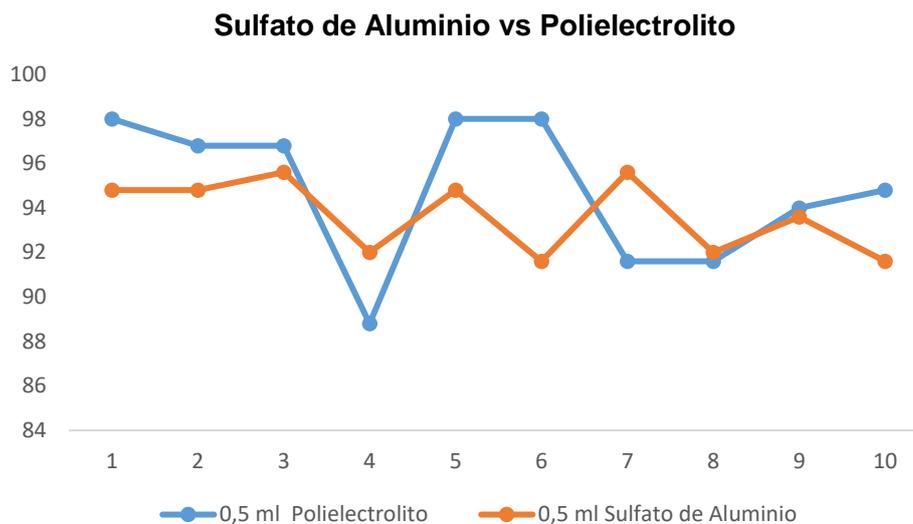


Gráfico 4.5. Comparación mejor dosis (0.5 ml) de Moringa vs Sulfato de Aluminio

El resultado más importante e influyente de esta investigación se muestra en el Gráfico 4.6. Al evidenciarse en el tratamiento 4 (0,5 ml de polielectrolito de moringa), frente a los 89 tratamientos restantes; una superioridad en la eficiencia para la remoción de sólidos suspendidos totales en el agua, del (98 %). Con una cercanía de eficiencia por parte del sulfato de aluminio de (95,6 %) producto del tratamiento 83 (0,5 ml del testigo).

Por su parte (Muyibi, 1995) asegura que se removió más del 65% de una turbidez inicial (75 y 150 NTU), para las dosis óptimas de moringa se obtuvieron porcentajes de remoción de (80,1% y 94,3%), respectivamente, lo que deja aún por delante el resultado principal de esta investigación.

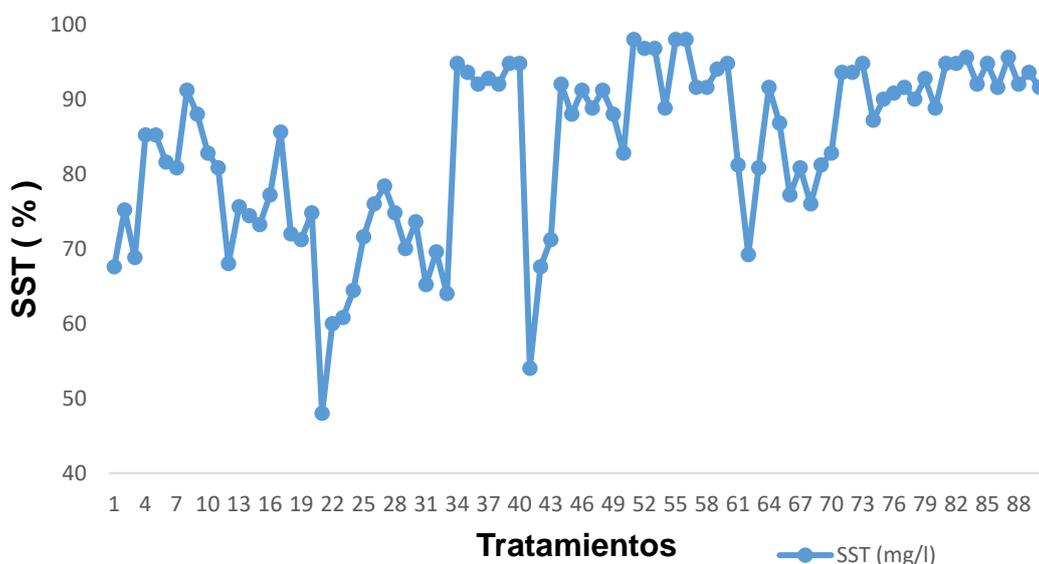


Gráfico 4.6. Eficiencia de la semilla de moringa en la remoción de SST en el agua

La variable de estudio (Semilla de moringa) fue analizada estadísticamente en la investigación como se muestra en el cuadro 4.5.

Cuadro.4.5. Análisis de varianza

Análisis de la varianza				
Variable	N	R²	R² Aj	CV
Remoción de SST	90	0,55	0,51	9,56

Los resultados obtenidos en el cuadro 4.6 referente a la tabla ANOVA muestran que el nivel de significancia es menor a 0,05, esto nos indica que a pesar de tener grandes diferencias, los resultados no son estadísticamente significantes.

Cuadro 4.6. Tabla ANOVA

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4188,63	5	837,73	9,52	<0,0001
Semilla de Moringa	4188,63	5	837,73	9,52	<0,0001
Error	4753,25	54	88,02		
Total	8941,88	59			

En el cuadro 4.7. Se muestran los resultados de los valores medios de cada dosis de la semilla de la moringa. La letra A indica que la dosis de harina (0,5 ml) es el valor medio con menor eficiencia, las AB representan los valores que se acercan a la media, la letra B muestra valores que están en la media y la letra C, que es del polielectrolito (0,5 ml) es el valor medio con mayor eficiencia.

Cuadro.4.7. Tes Tukey

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=11,37430					
Error: 63,6794 gl: 81					
Semilla de moringa	Medias	n	E.E.		
0,5 ml Polielectrolito	94,84	10	2,52	A	
0,5 ml Sulfato de Aluminio	93,64	10	2,52	A	
2 ml Sulfato de Aluminio	91,32	10	2,52	A	B
Polielectrolito (4 ml)	85,36	10	2,52	B	C
Polielectrolito (4 ml)	81,48	10	2,52	C	D
4 ml Sulfato de Aluminio	80,76	10	2,52	C	D
4 ml harina	80,64	10	2,52	C	D
2 ml harina	75,28	10	2,52	D	
0,5 ml harina	67,76	10	2,52	E	

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La cantidad de harina obtenida por cada semilla fue aproximadamente de 1 gramo, siendo una masa considerable por cada semilla procesada (tamizado).
- El polielectrolito (extracto crudo salino) obtenido de la moringa sustenta su uso en el aprovechamiento de la materia prima en el proceso, al sólo trabajar con disoluciones del 5% para producir 50 ml del mismo. Considerando que de esa cantidad solo se necesitó 0,5 ml en 500 ml de agua turbia para obtener el mejor de los tratamientos.
- El polielectrolito (extracto crudo salino) obtenido de la moringa mantuvo un alto nivel de eficiencia en todos los casos, (96,8 %-98%), correspondiente a los tratamientos 51 y 52.
- Al comparar el sulfato de aluminio con la mejor opción de la semilla de moringa (polielectrolito), se comprobó que a nivel general fue superior la alternativa de origen natural.
- El polielectrolito de la semilla de moringa fue superior a la harina del mismo origen, aunque este no resultó ser más eficiente.
- Una ventaja para el medio ambiente y el recurso agua es que los lodos tratados con la semilla de moringa, estarán compuestos por residuos de origen natural, para cuando se dispongan en el entorno y continúen su ciclo de vida.

6.1. RECOMENDACIONES

- El método de conservación a largo plazo de cada producto extraído de la semilla de moringa es un punto a tomarse en cuenta para que no exista interferencia en los resultados obtenidos.
- Se recomienda llevar a cabo esta investigación con diferentes parámetros, ya sean de tipo físico, químico, o microbiológico.
- Promover el uso de esta alternativa de origen natural con enfoque sustentable en el sector industrial donde se generan grandes cantidades de aguas.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, Y. (2006). Estado del arte del tratamiento de aguas por coagulación-floculación. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar . *ICIDCA*, vol. 40, N° 2, p. 10-17.
- Agarwal. (2013). *Anticancer activity of Moringa oleifera mediated silver nanoparticles on human cervical carcinoma cells by apoptosis induction*. Mexico: Colloids and Surfaces B: Biointerfaces.
- APG . (2009). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society. APG (Angiosperm Phylogeny Group)*, 161:105–121.
- Barrenechea. (2004). Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas. *Revista interdisciplinaria de gestión ambiental, ISSN 1575-1317, Año 2, N° 23, 2000*, 12-19.
- Caldera, Y. M. (2007). Eficiencia de las semillas de Moringa oleifera como coagulante alternativo en la potabilización del agua. *Boletín del centro de investigaciones biológicas*, p 2-41.
- Campos, J. C. (2013). Caracterización del agente coagulante activo de las semillas de moringa oleifera mediante HPLC. *Departamento de Ingeniería Sanitaria (DISA), Vol 37. N° 1, 35 - 43*.
- Cárdenas, Y. (2000). *Evaluación de Platas y Desarrollo Tecnológico, Tratamiento de agua: Coagulación y Floculación*. Lima. Perú: Evaluación de Platas y Desarrollo Tecnológico.
- Cárdenas, Y. (2000). *Tratamiento de agua: Coagulación y Floculación*. Lima. Perú: Evaluación de Platas y Desarrollo Tecnológico.
- Casas. (1992). Coagulación-Floculación. *Facultad de Ingeniería, Sede Bogotá. Primera edición*.
- Choque. (2013). *SCRIBD*. Obtenido de Clasificación de rango de tamaño de partículas en agua: <https://es.scribd.com/doc/50608542/CLASIFICACION-DE-RANGO-DE-TAMANO-DE-PARTICULAS-EN-AGUA>
- Constitución del Ecuador. (1989). Registro Oficial No. 204. Reglamento de la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en lo relativo al Recurso.
- Crapper D.R., S. K. (1973). Brain Aluminum Distribution In Alzheimer's Disease And Experimental Neurofibrillary Degeneration. *Science*, 180, 511-513 .
- D'angelo, M. (2016). *Contaminantes del agua.General Water Company Argentina*. Obtenido de <https://gwc.com.ar>

- D'angelo, M. (16 de 09 de 2016). *General Water Company Argentina*. Obtenido de <https://gwc.com.ar/contaminantes-del-agua/solidos-agua/>
- De Vargas L. (2004). *Criterios para la selección de los procesos y de los parámetros óptimos de las unidades. En Tratamiento de agua para consumo humano: Plantas de filtración rápida*. Lima: Manual I: Teoría tomo II. CEPIS Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- Desjardins R. (1992). "Tratamiento del Agua". p 33-35 .
- Edeline F. (1990). Tratamiento Físicoquímico del Agua. 29-32.
- FUNASA. (2006). Manual práctico de análise de água. 2edição. *Fundação Nacional de Saúde, Brasília*, 39-79.
- GAO, B. H. (2002). Evaluation of aluminum-silicate polymer composite as a coagulant for water treatment. *Water Research* , 3573–3581.
- García. (13 de 12 de 2007). Metodología de extracción in situ de coagulantes naturales para la clarificación de agua superficial. Aplicación en países en vías de desarrollo. *Instituto de Seguridad Industrial, Radiofísica y Medioambiental. Universidad Politécnica de Valencia*, 25-26 . Obtenido de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12458/Tesis%20de%20Master_BEATRIZ%20GARCIA%20FAYOS.pdf?sequence=1
- Gardey., et al. . (Junio de 2010). *Definición de agua*. Obtenido de <http://definicion.de/agua/>
- Gassenschmidt U., J. K. (1995). Isolation and characterization of a flocculating protein from *Moringa oleifera* Lam. *Biochimica et Biophysica* , 477-481.
- Gómez G., M. M. (2009). Characterization of urban solid waste in Chihuahua, Mexico. *Waste Manage*, 2465–2471.
- González, N. J. (2014). *Ensayos de tratabilidad del agua*,. Manizales, Colombia: Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente.
- Gutiérrez, H. y. (2008). Análisis y diseño de experimentos. *McGraw-Hill, Segunda Edición*.
- Holde, M. C. (1999). Bioquímica. Segunda Edición. *Editorial McGraw-Hill Iberoamericana*, 142-164.
- Jiang, J. y. (2002). Progress in the development and use of ferrate (VI) salt as an oxidant and coagulant for water and wastewater treatment. *Water Research* , 36: 1397–1408.
- Jubisay Campos, G. C. (2003). Caracterización del agente coagulante activo de las semillas de moringa oleifera mediante HPLC. *Departamento de Ingeniería Sanitaria (DISA)*, Vol 37. N° 1, p. 35 - 43.

- Lédo, P. L. (2009). Estudio Comparativo de Sulfato de Aluminio y Semillas de Moringa oleifera para la Depuración de Aguas con Baja Turbiedad. *Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Vol. 20 Nº5-2009*, 3-12.
- Maldonado. V. (2004). *Sedimentación*. Obtenido de <http://www.ingenieriasanitaria.com>
- Martyn, C.N. . (1989). Geographical Relation Between Alzheimer´s Disease and Aluminium in Drinking Water. *Lancet* 1, 59-62.
- Miller, R.G. . (1984). The Occurrence of Aluminum in Drinking Water. *J. Am. Wat. Wks Assoc*, 76, 84-91. .
- Montoya. (2011). EFECTO DEL INCREMENTO EN LA TURBIEDAD DEL AGUA CRUDA. *CONVENTIONAL DRINKING WATER TREATMENT*, 20-45.
- Muyibi, S. y. (1995). Coagulation of low turbidity surface water with Moringa oleifera seeds. *Intern. J. Environ. Studies* 48, 263–273.
- Ndabigengesere A., S. K. (1995). Active agents and mechanism of coagulation of turbid water using Moringa oleifera. *Wat. Res.* 29, 703-710.
- O'Melia, C. R. . (1969). The coagulation process: theoretical concepts useful in design. Report submitted to the American Society of Civil Engineers.
- Okuda, T. B. (2001). Insolation and characterization of coagulant extracted from Moringa oleifera seed by salt solution . *Water Research* 35, 405–410.
- OMS . (2006). Guías para la calidad del agua potable. *Primer apéndice a la tercera edición*, Vol. 1. p 186.
- Paixão, F. (2005). *Devolver a la naturaleza el agua que utilizamos en la ciudad. Una propuesta de enseñanza contextualizada en el entorno del alumnado*. Obtenido de repositorio.ipcb.pt: <http://repositorio.ipcb.pt/handle/10400.11/1292>
- Reyes, J. (1992). Coagulación-Floculación. Universidad Nacional de Colombia. En J. Reyes. Bogotá: Primera edición.
- Robert E., J. J. (2008). Moringa Tree. *The Encyclopedia of Fruit & Nuts* , 509-510.
- Ruiz R., R. R. (2012). Moringa oleifera: una opción saludable para el bienestar. *scielo*, 16-10.
- Sandoval, M. y. (2013). Moringa oleífera una alternativa para sustituir coagulantes metálicos en el tratamiento de aguas superficiales. *Ingeniería, Rev. Académica de la FI-UADY*, 17(2), 93-101.
- Seisdedos L. (1998). Una tecnología apropiada para la clarificación de aguas de consumo humano en poblaciones periurbanas y rurales. *Tesis de Maestría*.

- Senplades. (2013). *Eje 1 del Objetivo 3 del plan nacional para el buen vivir. Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones*. Obtenido de <http://www.buenvivir.gob.ec/objetivo-7.-garantizar-los-derechos-de-la-naturaleza-y-promover-la-sostenibilidad-ambiental-territorial-y-global>
- Severiche, C. . (2013). *Manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en aguas. Bogota: Sólidos suspendidos totales*. Obtenido de <http://www.eumed.net>
- Suay, L. y. (2002). Revisión de los estudios sobre exposición al aluminio y enfermedad de Alzheimer. *Revista Española de Salud Pública versión impresa ISSN, 1135-5727*.
- Sutherland, J. (2001). *www.moringaoleiferalam.com*. Obtenido de www.moringaoleiferalam.com: [www.moringaoleiferalam.com/University of Leicester, Department of Engineering, UK](http://www.moringaoleiferalam.com/University%20of%20Leicester,%20Department%20of%20Engineering,%20UK).
- Torres. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. *En Revista Ingenierías, Universidad de Medellín. Vol. 8, N°. 15, 79-94*.
- Trejo V.R., H. M. (2004). *Riesgos a la salud por presencia del aluminio en el agua potable*. México, Aguascalientes: Conciencia Tecnológica, N°025 Instituto Tecnológico de Aguascalientes.
- Turriago, M. y. (2012). *Evaluación de la eficiencia de la utilización de semillas de moringa oleífera como una alternativa de biorremediación en la purificación de aguas superficiales del caño cola de pato ubicado en el sector rural del municipio de acasias*. Bogotá: Ingeniería Agroforestal.
- UNAD. (05 de 2012). *repository.unad.edu.com*. Obtenido de <http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/1428/1/TESIS%20DE%20GRADO-EFICIENCIA%20UTILIZACION%20DE%20SEMILLAS%20DE%20MORINGA%20-%20BIORREMEDICION.pdf>
- ZULIA, U. D. (2007). *EFICIENCIA DE LAS SEMILLAS DE MORINGA OLEIFERA COMO COAGULANTE ALTERNATIVO EN LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA YAXCELYS CALDERA*. MARACAIBO, VENEZUELA: VOLUMEN 41, NO. 2, PP. 244–254.

ANEXOS



Anexo1. Semillas recolectadas



Anexo 2. Semillas peladas



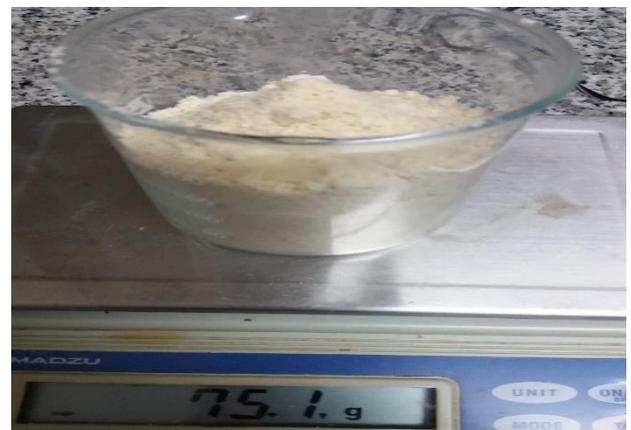
Anexo 3. Semillas listas para moler



Anexo 4. Semillas molidas



Anexo 5. Tamizado de la harina



Anexo 6. Peso de la harina después del tamizado



Anexo 7. Secado al ambiente



Anexo 8. Secado en la estufa



Anexo 9. Harina procesada seca



Anexo 10. Preparación de solución salina



Anexo 11. Agitación de la muestra



Anexo 12. Muestra en reposo



Anexo 13. Solución filtrada en papel



Anexo 14. Polielectrolito de moringa



Anexo 15. Preparación de agua turbia sintética



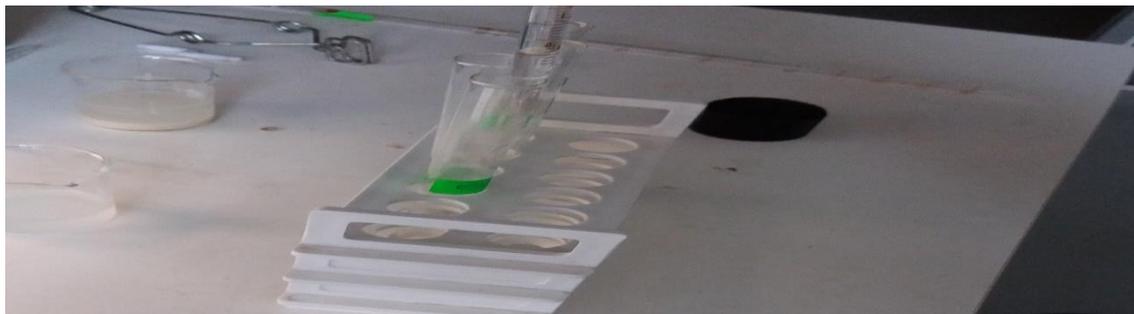
Anexo 16. Agitación manual de la muestra



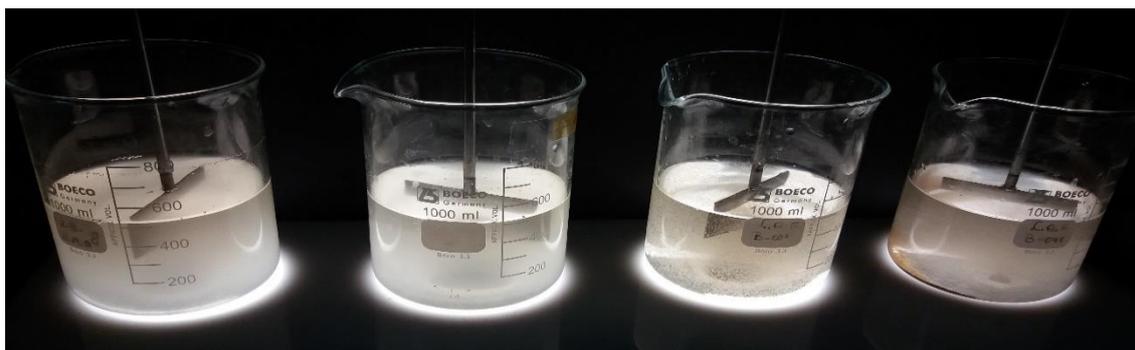
Anexo 17. Agua con 100 NTU y 250 mg/l (SST)



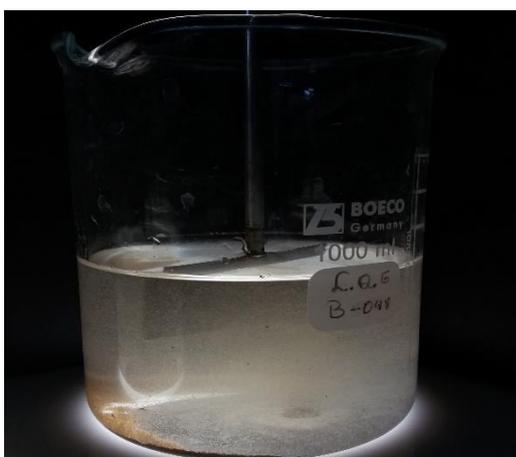
Anexo 18. Dosis para los tratamientos



Anexo 19. Tratamientos para prueba de jarra



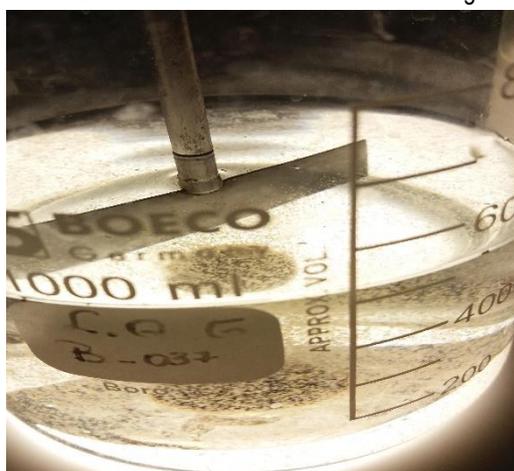
Anexo 20. Tratamientos 1, 2, 3, y 4



Anexo 21. Formación de los flocúlos con moringa



Anexo 22. Sulfato de aluminio (i) vs Moringa (d)



Anexo 23. Precipitación de sólidos



Anexo 24. Dosificación en los tratamientos



Anexo 25. Mejor tratamiento con sulfato de aluminio (5 NTU)



Anexo 26. Mejor tratamiento con la semilla de moringa (2 NTU)