



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**EFICIENCIA DE LA SEMILLA MORINGA OLEÍFERA COMO
BIOCOAGULANTE EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES INDUSTRIALES DE UNA EMPRESA PRODUCTORA DE
PURÉ, FLAKES Y POLVO DE BANANO**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero ambiental

AUTOR: Alexis Josué Vinueza Martínez

TUTOR: ING. Gabriela Michelle Andrade Dicao

Guayaquil-Ecuador

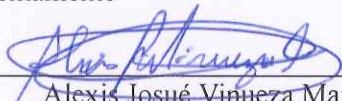
2023

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TIULACIÓN

Yo, Alexis Josué Vinueza Martínez con cedula de ciudadanía No. 0931745889; manifiesto que:
Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad
Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el
presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 10 de septiembre del año 2023

Atentamente



Alexis Josué Vinueza Martínez
0931745889

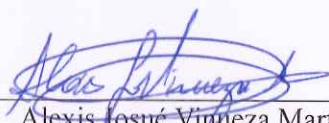
DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Alexis Josué Vinueza Martínez con documento de identificación No. 0931745889, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo experimental: Eficiencia de la semilla *Moringa oleífera* como biocoagulante en una planta de tratamiento de aguas residuales industriales de una empresa productora de puré, flakes y polvo de banano, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniería Ambiental, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 10 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Alexis Josué Vinueza Martínez
0931745889

DECLARACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Gabriela Michelle Andrade Dicao con cédula de ciudadanía No. 0919957316, docente de la UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: Eficiencia de la semilla *Moringa oleifera* como biocoagulante en una planta de tratamiento de aguas residuales industriales de una empresa productora de puré, flakes y polvo de banano, realizado por Alexis Josué Vinueza Martínez con cedula de ciudadanía No. 0931745889, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción trabajo experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 10 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Gabriela Michelle Andrade Dicao
0919957316

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi padre y a mi madre por haberme siempre apoyado en este largo camino lleno de altos y bajos, por nunca dejar de creer en mí. También se la dedico a mi pareja, Lcda. Joselin Naranjo, por ser ese apoyo incondicional en todo el tiempo que lo necesitaba, y más aún en esas largas madrugadas sin descanso. Esta tesis va dirigida a todas esas personas que a lo largo de este trayecto me brindaron consejos y mostraron su confianza en lo que puedo lograr.

Alexis Josué Vinueza Martínez.

AGRADECIMIENTO

Agradezco enormemente a mis padres y a mis docentes por compartir sus conocimientos, sabiduría y por ser una fuente de inspiración para forjar mi camino académico. Su sin igual paciencia y confianza han sido un pilar fundamental en mi vida universitaria.

A mi directora de carrera MSc. Carmen Palacios y a mi tutora MSc. Gabriela Andrade, por infundir en mí el valor de la perseverancia.

Alexis Josué Vinueza Martínez

Resumen

La presente investigación se basa en la meta de obtener el biocoagulante a partir de la semilla de *Moringa oleífera* para mostrar su eficiencia en la remoción de la turbidez de las aguas residuales industriales de la empresa en estudio. Para esto, luego de haber realizado el estudio de campo en la planta de la empresa, se optó por realizar la recolección de las muestras en el efluente de la planta de tratamiento de esta. Consecuentemente, se enviaron a analizar las muestras obtenidas a un laboratorio acreditado para obtener como base los valores de los siguientes parámetros: turbidez, sólidos totales, coliformes totales, DQO, DBO5 y pH. Luego se procedió a llevar las muestras al laboratorio de la institución universitaria para proceder con los estudios de encontrar la dosis óptima en el test de jarras para el biocoagulante y también para la dosis mixta de coagulante compuesta por *Moringa oleífera* y el sulfato de aluminio. Pudiendo llevar a cabo una mejor comparación y evaluación de los resultados. Realizando en total 13 repeticiones, se optó por escoger las muestras con mejor apariencia de acuerdo con su disminución de la turbidez y presencia de flóculos, para el consecuente estudio a profundidad. A pesar de que el estudio dio como resultado que la muestra con dosis mixta de coagulantes fue el que mejor valor de eficiencia dio, es muy notable tener en cuenta la capacidad bactericida que tiene esta al solamente realizar la dosis *Moringa oleífera* sin mezclar con algún otro coagulante químico.

Palabras Clave: *Moringa oleífera*, Biocoagulante, Sulfato de aluminio.

Summary

The present research is based on the goal of obtaining the bio-coagulant from *Moringa oleifera* seeds to demonstrate its efficiency in removing turbidity from the industrial wastewater of the company under study. To achieve this, after conducting a field study at the company's plant, the decision was made to collect samples from the effluent of the treatment plant. Subsequently, the collected samples were sent to an accredited laboratory to obtain baseline values for the following parameters: turbidity, total solids, total coliforms, COD, BOD5, and pH. The samples were then taken to the university's laboratory to conduct studies to find the optimal dosage in the jar test for the bio-coagulant and for the mixed dosage of coagulant composed of *Moringa oleifera* and aluminum sulfate. This allowed for a better comparison and evaluation of the results. With a total of 13 repetitions, the decision was made to select the samples that showed the best appearance in terms of turbidity reduction and the presence of flocs for further in-depth study. Although the study resulted in the mixed coagulant dosage showing the best efficiency value, it is worth noting the bactericidal capacity of *Moringa oleifera* when used as a sole dose without mixing with any other chemical coagulant.

Key words: *Moringa oleifera*, bio-coagulant, aluminum sulfate.

Contenido

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TIULACIÓN	II
DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	III
DECLARACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO	VI
Resumen.....	VII
Summary	VIII
PROBLEMÁTICA	13
1.1 ANTECEDENTES	13
1.2 PROBLEMA DE ESTUDIO.....	15
1.3 Justificación	15
1.4 DELIMITACIÓN.....	16
1.5 Objetivos.....	18
1.6 Marco hipotético o preguntas de investigación	19
REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	20
2.1 Marco Teórico.....	20
2.1.1. <i>Moringa Oleífera</i>	20
2.1.2. Usos de la <i>Moringa Oleífera</i>	21
2.1.3. <i>Moringa oleífera</i> en los procesos de coagulación y floculación.....	24
2.1.4. Agua	26
2.1.5. Calidad de agua	26
2.1.6. Agua residual.....	27
2.1.7. Importancia ambiental.....	30
2.1.8. Coagulación.....	31
2.1.9. Coagulantes químicos	31
2.1.10. Coagulantes naturales.....	32
2.1.11. Floculación	33
2.1.12. Factores que influyen los procesos de coagulación y floculación.....	33
2.1.13. Parámetros	34
2.1.14. Test de Jarras	37

2.1.15.	Marco legal	38
2.1.15.1	CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR	38
2.1.15.2	LEY ORGÁNICA DE SALUD	38
2.1.15.3	CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE	38
2.1.15.4	ACUERDO NO. 061 REFORMA DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA.	40
2.1.15.5	ACUERDO NO. 097-A ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA	43
2.1.15.6	LEY RECURSOS HÍDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA.....	44
	Metodología	47
3.1	Diseño de la investigación	47
3.2	Preparación y Organización	47
3.3	Materiales y equipos	47
3.4	Muestreo	49
3.5	Punto de muestreo	49
3.6	Preparación del biocoagulante y soluciones	50
3.7	Pruebas en el Test de Jarras.....	54
3.3	Cálculo de la fórmula de eficiencia de remoción de turbidez.....	56
3.4	Cronograma y actividades.....	56
3.5	Presupuesto	57
4.1	Análisis de resultados	58
4.1.1	Comparación de los resultados escogidos en la primera repetición	58
4.1.2	Comparación de los resultados escogidos en la segunda repetición	60
4.2	Comparación con la normativa ecuatoriana (TULSMA).....	62
4.3	Eficiencia de remoción de turbidez.....	63
4.4	Discusión.....	64
	Conclusiones y Recomendaciones	65
5.1	Conclusiones	65
5.2	Recomendaciones	66
	Referencias bibliográficas.....	67
	Anexos	70

Índice de tablas

Tabla 1. Lista de soluciones de coagulantes realizadas.	54
Tabla 2. Dosis de las soluciones de coagulantes efectuadas en la 1era repetición.	55
Tabla 3. Dosis de las soluciones de coagulantes efectuadas en la 2da repetición.	56
Tabla 4. Cronograma de actividades a realizar para terminar el estudio.	57
Tabla 5. Lista de instrumentos, materiales y consumos para poder realizar el trabajo de investigación.	57
Tabla 6. Valores de las dos muestras escogidas para realizar el estudio de comparación con los datos de la muestra de agua residual obtenida en la primera repetición.	59
Tabla 7. Tabla comparativa entre las dos muestras escogidas en la primera repetición.	60
Tabla 8. Valores de las dos muestras escogidas para realizar el estudio de comparación con los datos de la muestra de agua residual obtenida en la segunda repetición.	61
Tabla 9. Tabla comparativa entre las dos muestras escogidas en la segunda repetición.	61
Tabla 10. Tabla comparativa con los LMP obtenidos del Anexo 1 del libro IV del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.	62
Tabla 11. Tabla de porcentaje de remoción de turbidez en las muestras escogidas en ambas repeticiones.	63
Tabla 12. Tabla comparativa entre los porcentajes de remoción de turbidez.	63

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Extensión del terreno de la planta de producción.	17
Ilustración 2. Hoja, vaina y semilla de Moringa oleífera.	20
Ilustración 3. Cuadro conceptual sobre los momentos importantes en el proceso del uso de la M. oleífera como coagulante natural.	24
Ilustración 4. Actividades biológicas de las proteínas aisladas de la M. oleífera.	25
Ilustración 5. Descripción del proceso de floculación.	33
Ilustración 6 Área de muestreo	50
Ilustración 7. A: Semillas con cáscaras. B: semillas sin cáscaras. C: semillas descartadas.	51
Ilustración 8. Harina de semilla obtenida luego de triturar las semillas en la licuadora.	51
Ilustración 9. Harina de la semilla de M. oleífera pesada a 1 gr (A), 2 gr (B) y 5 gr (C).	52
Ilustración 10. Soluciones de biocoagulante por medio de la mezcla de 1 gr (A) y 5 gr (B) de M. oleífera en 100 ml de agua destilada. En la figura C encontramos las soluciones para la realización de las pruebas correspondientes a la 2da repetición.	53
Ilustración 11. Solución de sulfato de aluminio.	53

PROBLEMÁTICA

1.1 ANTECEDENTES

Desde el año 1977, época en la cual la Revolución Industrial tuvo sus inicios, la contaminación antrópica al medio ambiente dado por el crecimiento exponencial de los residuos industriales se ha venido magnificando a su vez con el pasar de los años. A consecuencia de esto, la polución elevada y la falta de regulación de las descargas de aguas resultaron en problemas de salud y calidad de vida a corto y largo plazo para la población.

A pesar de que ha habido un sinnúmero de movilizaciones y nuevas leyes para promover el cuidado del ambiente y, por ende, la salud de todos los seres vivos, hoy en día se vive ya en un estado crítico de cambio masivo urgente para poder minimizar toda la contaminación que no se pudo regularizar antes del siglo XX y que aún se sigue dando. Por lo tanto, se requiere la continua participación de profesionales que aporten ideas para reducir al mínimo el impacto en los cuerpos de agua.

Las leyes referentes a los diversos parámetros que se deben tener en cuenta para el correcto desecho de las aguas residuales actualmente son más estrictas de lo que fueron antes del cambio de la Constitución de la República en el 2008, y con esto como base, se crearon más leyes cuyos temas fueron específicamente para que los entes de regulación tomen cartas en el asunto ante las posibles desviaciones en los límites máximos permisibles (LMP) que se puedan encontrar debido a su ineficiente atención. Estas normativas son: el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA) y la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua.

Junto a las nuevas legislaciones y a la continua investigación en la efectividad de las diferentes tecnologías alternativas para el tratamiento de aguas residuales, abre la posibilidad a tener varias

opciones al momento de escoger los diversos tipos de coagulantes naturales para los procesos de clarificación y purificación.

En el caso de la empresa en estudio, Dume (2016) manifiesta en su trabajo una evaluación de diagnóstico sobre la planta de tratamiento de esta y, entre los múltiples parámetros evaluados, podemos encontrar la turbidez con un valor de 970,6 NTU (unidad nefelométrica de turbidez); sabiendo que el límite máximo permisible es de 100 NTU según el Acuerdo Ministerial 097-A (Anexos del TULSMA). Por medio de la evaluación de la turbidez es como se puede evidenciar la presencia de altas concentraciones de sustancias orgánicas en las aguas residuales provenientes de la industria alimenticia. Por ende, a pesar de que el uso de coagulantes sintéticos sea lo más comúnmente usado, no quiere decir que sea óptima su aplicación como pretratamiento de las aguas residuales. Tomando lo expuesto por Cerón (2015):

“Actualmente los coagulantes más utilizados en los procesos de clarificación del agua son de tipo inorgánico, el sulfato de aluminio $[Al]_2(SO_4)_3$ es un ejemplo de estos. Los coagulantes inorgánicos acarrearán distintas desventajas tanto ambientales como económicas; los lodos generados en el proceso de sedimentación están constituidos en parte por los restos del coagulante que no reaccionaron durante el proceso, alterando las características naturales de las fuentes hídricas a las cuales son vertidos posteriormente (p.16).

De lo citado, podemos entonces nosotros inferir que el uso de los coagulantes inorgánicos genera mayores costos, ergo, existirá una variación considerable en la generación de los lodos residuales y a consecuencia de esto, el impacto ambiental se agravaría dependiendo del caudal inicial de aguas residuales.

1.2 PROBLEMA DE ESTUDIO

1.3 Justificación

Debido al aumento de las descargas de aguas residuales a cualquier tipo de cuerpo de agua y que, según la ONU, estas son provenientes de actividades antrópicas que se descargan en los ríos o mares sin algún tratamiento previo y llega cerca del 80%. Además de que se calcula que apenas 10% de las aguas residuales urbanas en países cuyos ingresos clasifican dentro de la clase media y baja han sido tratadas, por ende, consecuentemente el crecimiento poblacional también va a provocar que los efectos negativos en la salud de los individuos aumenten. Es debido a esto que es necesario identificar posibles soluciones que mitiguen el impacto negativo al ambiente y consecuentemente al bienestar de los seres vivos.

La población infantil siempre será la más afectada debido al consumo de estas aguas en las zonas rurales. Por ejemplo, tomando a los países en vías de desarrollo, poco menos de 2 millones de personas mueren cada año debido a enfermedades diarreicas y muchos de ellos eran niños menores de 5 años (WHO, 2006).

Por esta razón el interés del uso de biocoagulantes en años recientes se ha ido magnificando por los múltiples beneficios que estos dan en contraste con los coagulantes inorgánicos que son: el sulfato de aluminio, policloruro de aluminio, cloruro férrico, entre otros polímeros sintéticos. Tomando como ejemplo el empleo de extractos de plantas como la *Moringa oleífera* (M. oleífera), cuyo uso de las semillas en polvo es excelente para la floculación de contaminantes y purificación del agua (Berger et al., 1984; Gassenschmidt, et. al., 1995; Olsen, 1987), asegurando así la inocuidad de las aguas para las personas y, por ende, permitiendo su uso en la agricultura. Otra de

las ventajas es que no es necesario controlar el pH a diferencia de los tratamientos convencionales como con el sulfato de aluminio (Ndabigengesere et al. 1998), posee características antimicrobianas, no afecta la conductividad del agua, la producción de lodos es de un tamaño más reducido en su volumen en contraste del que se da por medio del uso de coagulantes sintéticos.

Podemos entonces evidenciar como los estudios comparativos de la *M. oleífera* y el sulfato de aluminio para el tratamiento de agua demuestran que el marango es una alternativa viable como coagulante para el tratamiento de residuales en países en vías de desarrollo. Cabe destacar a su vez que es de bajo costo y de fácil acceso para que las familias que viven dentro de la zona de los afluentes del río afectado puedan ejercer también por ellas mismas la clarificación del agua que van a usar para sus riegos y sus ganados.

1.4 DELIMITACIÓN

La delimitación de este proyecto de titulación se centra en el estudio de la eficiencia de la propiedad de coagulante natural que tiene la semilla de la planta *M. oleífera* en el efluente de la planta de tratamiento de una empresa productora de alimentos ubicada en el cantón Pueblo Viejo, provincia de Los Ríos. Para esto, primeramente, nos enfocamos en el estudio de 5 parámetros seleccionados por el motivo de que van a tener una influencia directa en el proceso de coagulación y floculación.



Ilustración 1. Extensión del terreno de la planta de producción.

Fuente: Elaboración propia.

En la imagen satelital se puede apreciar toda la extensión de planta, mientras que la cruz señala el lugar de las tomas de las muestras para realizar los estudios. Y por encima de esta, se puede apreciar la piscina generadora de lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa.

1.5 Objetivos

Objetivo General

Experimentar el biocoagulante obtenido de la semilla *Moringa Oleífera* en agua residual industrial de una empresa productora de puré, flakes y polvo de banano, mediante pruebas de tratabilidad físico químico para evaluar su eficiencia.

Objetivo Específicos

- Elaborar el biocoagulante por medio de la semilla de la planta Moringa en el laboratorio para la realizar pruebas de tratabilidad.
- Realizar el análisis de test de jarras en la muestra del agua residual aplicando el biocoagulante de *Moringa oleífera* para la determinación de la dosis correcta de tratamiento.
- Evaluar el porcentaje de remoción mediante los análisis de la muestra luego de la aplicación del biocoagulante obtenido para verificar su eficiencia.

1.6 Marco hipotético o preguntas de investigación

¿Permitirá evaluar la eficiencia como biocoagulante de la semilla *Moringa oleífera* la experimentación a realizar después de haber obtenido las muestras de aguas residuales del efluente de la planta de tratamiento de la empresa en estudio?

¿La realización del análisis del Test de Jarras con las muestras de aguas residuales permitirá la determinación de la dosis correcta de tratamiento con la semilla de *M. oleífera* como biocoagulante?

¿Permitirá verificar la eficiencia biocoagulante la evaluación del porcentaje de remoción?

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 Marco Teórico

2.1.1. *Moringa Oleífera*

Procedente del norte de la India, en el Himalaya, también se puede encontrar en otras regiones Asia, África, América del Sur y hasta en el Caribe.

Como características principales del árbol podemos encontrar que normalmente se va a extender de 10-12 m de altura, con un diámetro de su tronco entre 20-40 cm, leñoso, llega a alcanzar los 20 años de vida, copa abierta de paraguas. Sus hojas son pinnadas, su vaina es larga y leñosa, flores zigomorfas, sus semillas tiene forma redonda o triangular cuando se encuentran completamente maduras además de estar revestidas por una cáscara boscosa con alas de papel.



Ilustración 2. Hoja, vaina y semilla de *Moringa oleífera*.

Fuente: (Jumique, 2022).

Citando a Agarwal (2013). El nombre moringa proviene de la palabra india Tamil Murungai. Compuesto por 13 especies de climas tropicales y subtropicales, varían en tamaño desde pequeños pastos hasta árboles gigantes. Es la especie más comúnmente cultivada, y *Moringa stenopetala* se cultiva ampliamente en África, aunque el área de distribución es menor que la Oleífera.

Desde el uso de sus hojas para obtener harinas con fines alimenticios, el empleo de todas sus partes para fines medicinales, hasta su uso como bioplaguicida da entender por qué la moringa es una planta que, debido a sus múltiples usos en diversos campos de la ciencia, ha llegado a tomar el nombre de “árbol milagroso”, “el salvador de los pobres” “árbol de la vida”, entre otros (Ruiz et. al 2012).

Puede llegar a medir 4 metros dentro del primer año en la naturaleza. Cada parte de esta planta se considera rica en vitaminas y minerales.

2.1.2. Usos de la *Moringa Oleífera*

La moringa es una planta con muchas aplicaciones y ventajas. Las comunidades en su país de origen han aprovechado todos los componentes de esta planta desde hace posiblemente cientos o miles de años. Las vainas verdes, las hojas, las flores y las semillas son todas utilizadas.

Las hojas son una fuente rica de nutrientes y se pueden usar para extraer aceite, que se utiliza tanto en la cocina como en la industria cosmética y de combustibles. García (2013) nos remarca la importancia alimenticia expresando lo siguiente: “los frutos, semillas, hojas y tubérculos en estado tierno son consumidos en sopas o tostados como recurso proteico, rico en vitaminas y se consumen hojas tiernas en ensaladas y condimentos”. (parr.4). Las semillas también son comestibles y tienen muchos aminoácidos, proteínas y vitaminas A y C (Mark & Jed, 2011). Además, Núñez, Honduras (2007) acota lo siguiente:

“Indica los valores nutricionales: de este cultivo y brinda demasiado productos valiosos: vainas verdes, las hojas, las flores y las semillas tostadas, todos muy nutritivos y se consumen en muchas partes del mundo. Las hojas tienen cualidades nutritivas que están entre las mejores de todos los vegetales perennes. (p.9).”

Su uso como planta medicinal es muy reconocido, valga la redundancia, por sus beneficios para la salud, satisfaciendo las necesidades y deseos culturales de las naciones.

Tiene propiedades curativas y se usa en la medicina tradicional de varios países. Sus hojas y extractos se utilizan para tratar una variedad de enfermedades, como la diabetes, malnutrición, problemas en la digestión, entre otros. Se puede acotar lo que García (2013) plantea sobre su importancia medicinal:

“Las hojas se pueden utilizar para preparar una decocción no sólo para las úlceras de estómago, sino también para los trastornos digestivos y la diarrea. “La flor se utiliza para tratar dolencias respiratorias y además tiene propiedades bactericidas y bactericidas, y sus propiedades antibióticas han sido identificadas como *Pterygospermin*.”. (par.3).

Por otro lado, las semillas se consideran uno de los mejores floculantes naturales que se conocen, llegando a usarse en la depuración y purificación de aguas. Su coagulante activo, una proteína catiónica con un peso molecular de alrededor de 13 KDa y un punto isoeléctrico a pH10, hace que pueda servir como una alternativa ventajosa para reemplazar productos químicos como el sulfato de aluminio o el cloruro de hierro. De acuerdo con esta aplicación Martín (2013), comenta lo siguiente:

“Si bien este árbol tiene muchas propiedades y usos en alimentación, salud y ecología, son sus semillas quienes ocupan la atención, según los estudios diversos se han demostrado la presencia de un coagulante natural presente en las semillas de *moringa oleífera* Lam, en regiones en donde se emplea artesanalmente para purificar el agua residual. (p.394).”

Es así como podemos ver que el uso que más ha despertado el interés científico es el de purificar aguas residuales. Podemos añadir lo que indican Nuñez, Honduras (2007):

“Que el coagulante natural del agua residual: de las semillas se extrae un floculante natural tipo Polielectrolitos con función aniónica y catiónica, el cual sirve perfectamente en la purificación de agua potable y para la sedimentación de partículas minerales orgánicas en aguas residuales. (p.9).”

Profundizando más en su uso para el tratamiento de aguas residuales, podemos encontrar que también se lo utiliza para depurar contaminantes como el mercurio y otros metales además de ciertos tipos de bacterias. A lo que Jingxl. (2015), acota lo siguiente:

“Quien realizo diversos estudios sobre el uso de semilla de *Moringa Oleifera* Lam para eliminar diversos contaminantes, entre ellos la turbidez, metales pesados como el cromo y el cadmio, algunas bacterias como *escherichia coli*, algas y algunos agentes tensoactivos del agua. (p.530-534).”

Siguiendo con el tema de una de sus grandes características, su uso como coagulante natural, Andrade et al. (2013), mencionan “en la composición química del polvo de moringa tenemos una proteína compuesta por 101 aminoácidos, 2 cadenas con una similitud proteica del 81%. También hay ocho residuos de cisteína que pueden estar implicados en los enlaces disulfuro. (p.1-9).” Hablando sobre este aspecto, es muy importante seguir enfocándonos en lo que los mismos autores Andrade et al. (2013), nos dicen,

“Sobre su naturaleza catiónica mantiene que se relaciona teniendo un pH teórico de 11.67, que indica una fuerte carga positiva en la superficie también tiene un alto contenido de glutamina 26.7%, alanina 6.9%, prolina 6.9% y 17 aminoácidos con carga positiva, 16 argininas y dos histidinas, que están presentes también en la estructura de la lectina. (p.1-9).”

Cabe recalcar que estas últimas características son de gran relevancia cuando la moringa logra activar propiedad de clarificador del agua.

2.1.3. *Moringa oleifera* en los procesos de coagulación y floculación

La extracción de los principios activos de las semillas de *Moringa oleifera* se realiza según el método utilizado, por ejemplo, tenemos el caso de Ndabigengesere y varios colaboradores que, para extraer la porción coagulante activa de las semillas, informan que por cada gramo (1%) de moringa disuelto en agua se extraen de las semillas aproximadamente 1000 ppm de proteína catiónica. Este mismo autor, Ndabigengesere et al. (1995), se centró en el estudio del uso y encontrar la eficiencia de la semilla en aguas turbias. Afirmó que la proteína dimérica puede llegar a ser hasta 4 veces mejor que los coagulantes que contengan aluminio por el hecho de ser inocuo al ambiente y por la calidad final del agua tratada.



Ilustración 3. Cuadro conceptual sobre los momentos importantes en el proceso del uso de la *M. oleifera* como coagulante natural.

Autor: (Garrido, 2015).

El componente activo de *M. Oleifera* como coagulante se debe a un péptido catiónico con un peso molecular entre 6 y 16 kDa (kilodalton). También se debe agregar que tiene un alto contenido de

glutamina (26,7%), prolina (6,9%), alanina (6,9%) y aminoácidos arginina (16) e histidina (2). Según estudios, esta proteína dimérica funciona mejor como coagulante natural que los coagulantes sintéticos.

De acuerdo con lo anterior, el primer estudio en el que se ha descrito la existencia de esta lectina en la *M. Oleífera* fue realizado por Santos et al. (2005). Su trabajo encontró la presencia de la lectina soluble en agua (WSMoL) después de 5 horas y hasta en 17 horas en preparaciones con la semilla intacta.

Elemento	Nombre/Característica	Actividades biológicas	Investigador
MOCP	M. Oleífera proteína catiónica (M. Oleífera-Cationic Protein)	- Actividad de coagulación de agua	Ghebremichael et al., 2005
MoL cMoL (Purificada)	Lectina coagulante de M. Oleífera (Coagulant M. Oleífera Lectin)	-Actividad de coagulación de agua -Actividad insecticida Anticoagulante de sangre	Katre et al. (2008) Coelho et al., 2009
WSMoL	Lectina de M. Oleífera soluble en agua (Water-Soluble M. Oleífera Lectin)	-Reductor de Turbidez -Actividad insecticida -Captura de huevos de <i>A. aegypti</i> -Actividad antibacteriana -Actividad de coagulación de agua - 70% Similitud con Proteínas Floculantes (M02.1 y M02.2)	Santos et al., 2005

Ilustración 4. Actividades biológicas de las proteínas aisladas de la semilla *M. oleífera*.

Fuente: (Tumbaco & Acebo, 2018).

También se le considera un agente antibacteriano debido a su capacidad para eliminar ciertas bacterias, específicamente a los coliformes totales y fecales presentes en el agua. Este efecto bactericida se debe a la presencia de 4-(4'-O-acetil- α -L-ramnopiranosiloxi)-isotiocianato de bencilo, que puede aglutinar bacterias Gram positivas y Gram negativas (Gallardo, 2015).

2.1.4. Agua

La Real Academia Española define el “agua” de la siguiente manera: “Líquido transparente, incoloro, inodoro e insípido en estado puro, cuyas moléculas están formadas por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, y que constituye el componente más abundante de la superficie terrestre y el mayoritario de todos los organismos vivos. Su fórmula química es la siguiente: H₂O” (RAE).

2.1.5. Calidad de agua

Teniendo en cuenta lo esencial que es el agua para toda la vida, la limitada cantidad de agua dulce que disponemos en nuestro mundo y como la calidad de esta siempre se encuentra bajo una presión constante por factores antropogénicos, el cuidado latente del agua dulce es un pensamiento que todos deberíamos arraigar en nuestro día a día por cómo se da su influencia en el agua potable, su uso en la industria agrícola y su uso recreativo.

Mejía y Teresita (2010) comenta que la calidad del agua es un tema relativo, que solo es de importancia universal dependiendo del uso final que se le vaya a dar. Es decir que la calificación de su calidad va a estar siempre ligada al tipo de uso final que este vaya a tener, con esto nos referimos a que el agua que se usa para fines recreativos como en las piscinas, no va a ser el mismo tipo de agua que se va a destinar en riegos agrícolas.

Así mismo se tiene que de acuerdo con el uso final del agua que vaya a tener, también de este va a depender el tipo de análisis y técnicas para realizar los exámenes de calidad que se requieran. A su vez, para que los resultados sean lo más cercanos a la realidad es preciso notar que debemos tener en cuenta que existen parámetros y procedimientos a seguir para realizar de la mejor manera posible el correcto muestreo en la fuente a estudiar.

También podemos acotar el objetivo número 6 de los Objetivos para el Desarrollo Sostenible para poder entender mejor la importancia de obtener agua con la mejor calidad posible para el consumo humano y la proporción de la influencia en nuestra vida:

“El acceso a agua, saneamiento e higiene es un derecho humano, y, sin embargo, miles de millones de personas siguen enfrentándose a diario a enormes dificultades para acceder a los servicios más elementales. Aproximadamente 1.800 millones de personas en todo el mundo utilizan una fuente de agua potable que está contaminada por restos fecales. Unos 2.400 millones de personas carecen de acceso a servicios básicos de saneamiento, como retretes y letrinas. La escasez de agua afecta a más del 40% de la población mundial y este porcentaje podría aumentar. Más del 80% de las aguas residuales resultantes de la actividad humana se vierte en los ríos o en el mar sin ningún tratamiento, lo que provoca su contaminación” (Naciones Unidas, 2020).

2.1.6. Agua residual

Definida como cualquier tipo de agua que dado al posterior uso antropogénico será un peligro por su cuantiosa carga de microorganismos y/o sustancias y, por ende, deberá ser desechada.

Por medio de esta definición, se debe tener en cuenta también de dónde provienen estas aguas residuales. Es así como de acuerdo con su origen pueden clasificarse en:

- **Aguas blancas:** son aquellas provenientes de origen atmosférico como las lluvias o de la limpieza de las calles o riego de áreas verdes, que luego van a parar a la red de alcantarillado.

- **Aguas residuales domésticas (aguas negras).** - son 3 características fundamentales que lo diferencian del resto de tipos de aguas residuales: la alta presencia de sólidos, sustancias biodegradables y microorganismo.
- **Aguas residuales industriales.** - debido a la inmensa cantidad de tipos de procesos que se pueden dar en la industria, a la variabilidad en su composición de tipo cualitativa y cuantitativa debido al horario que maneje la empresa, la demanda del producto o hasta la estación climática del año, los componentes de estos tipos de aguas residuales pueden clasificarse a su vez en:
 1. Elementos insolubles separables físicamente
 - a. **Materias grasas flotantes:** son las sustancias cuya presencia en el agua provocarán que su sabor y olor sean desagradables además de producir efectos adversos a la flora, fauna y, por último, a las comunidades aledañas de los efluentes de las instalaciones. Pueden ser: hidrocarburos, alquitranes, aceites y grasas.
 - b. **Materias sólidas en suspensión:** se requerirá que el agua se someta a coagulación-floculación para ser eliminados. Ejemplo: arenas, óxidos, hidróxidos, azufre coloidal, pigmentos, entre otros.
 2. Elementos orgánicos separables por adsorción: compuestos macromoleculares diversos y compuestos fenolados, colorantes y detergentes.

3. Elementos separables por precipitación: desde metales como zinc, hierro, aluminio, cobre, plomo hasta sulfitos, fosfatos, fluoruros y sulfatos, son elementos que están presentes en ciclos bioquímicos complejos. También existen elementos que se precipitan en sales insolubles de hierro o en complejos como sulfuros, fosfatos y cianuros. A su vez están aquellos que se puedan separar por degasificación y los que necesitan una reacción de oxidación-reducción.
 4. Elementos que se eliminan con tratamientos biológicos: azúcares, proteínas y fenoles.
- **Aguas residuales agrícolas:** producto de la mezcla de aguas residuales domésticas con el agua que se usó para fines de riego de los cultivos y para el ganado. Teniendo en su composición la presencia de compuestos de herbicidas, fungicidas, pesticidas, nitratos, fosfatos y compuestos de amonio por el uso plaguicidas y fertilizantes químicos. Todos estos elementos con llevan a la contaminación y, por ende, los efectos tóxicos sobre el hombre y el medio ambiente que le rodea sufrirán las consecuencias pertinentes.

Aparte de todas estas dificultades, hay un problema adicional: al recolectar los desechos del ganado, las aguas se llenarán de materia fecal, lo que aumentaría la contaminación fecal en las aguas domésticas de la población. La forma de poder determinar carga de la contaminación fecal es basándose en la proporción de coliformes fecales y estreptococos fecales.

2.1.7. Importancia ambiental

El nivel de contaminación de cualquier tipo de fuente de agua realizada por factores antropogénicos siempre estará relacionado con el tipo de actividad que realice la industria, siendo más específicos, el tipo de desechos que genera dicha actividad. Es en base a esta situación que Reynold (2002), menciona:

“Que el transcurso del hombre ha buscado diversas formas de recuperar las aguas residuales contaminadas con el fin de satisfacer sus necesidades. Por otra parte, el tratamiento de aguas residuales es una alternativa que consiste en reducir su contaminante físico-químico de forma sostenible para evitar los impactos negativos hacia el medio ambiente y salud (p.2).”

Las aguas residuales están compuestas mayormente por microorganismo y sustancias que son propensas a contaminar el efluente o lugar donde son desechados. El autor Orozco (2009), entabla lo siguiente:

“La contaminación del agua ha existido desde siempre. Cada vez que se arroja por vías naturales o humanas un desperdicio al agua, se crea un foco de contaminación. Sin embargo, los sistemas acuáticos tienen medios efectivos de hacerle frente a estos agravios, de los cuales más importantes son la dilución y la capacidad de auto purificación. (p. 631)”

La contaminación del agua puede describirse como un cambio en la calidad del agua, en su mayoría causado por actividades antropogénicas que la vuelve inadecuada y peligrosa para el consumo humano, uso para fines comerciales y de producción, las actividades recreativas, así como para los animales domésticos y la vida silvestre. De acuerdo con esta definición, la contaminación del agua puede considerarse como una consecuencia inevitable del progreso y la civilización. Esto se debe

a que a medida que las poblaciones crecen y se desarrollan, aumenta la variedad de contaminantes provenientes de actividades agrícolas, industriales y urbanas, que el ser humano no se preocupa por eliminar o reciclar, o no lo hace en la medida adecuada. Como resultado, se supera la capacidad natural de autodepuración del medio ambiente y se produce una saturación de contaminantes.

Existen sustancias cuyo impacto en los organismos vivos es desconocido. En otros casos, está claro que la contaminación ambiental por diversas sustancias, aunque no estén presentes en altas concentraciones, puede ser relevante en el desarrollo de enfermedades crónicas, incluyendo el cáncer. El ser humano puede estar expuesto a estas sustancias durante períodos prolongados de tiempo, lo que aumenta el riesgo de sufrir problemas de salud.

2.1.8. Coagulación

La coagulación es el proceso en el que las partículas coloidales en el agua se desestabilizan químicamente mediante la adición de floculantes, aditivos químicos específicos. Esto hace que las partículas no sedimentables se sedimenten formando flóculos. (Vargas, 2018).

2.1.9. Coagulantes químicos

En las últimas décadas, se ha cuestionado el uso de estos coagulantes convencionales derivados de sales de hierro y aluminio debido a diversos factores, como la dificultad técnica para estabilizar el pH ideal de coagulación, la necesidad de altas cantidades de producto para lograr resultados adecuados y su conexión con la aparición de enfermedades neurodegenerativas como el alzheimer y el cáncer (Flaten, T. 2001). Además, estas sales tienen un impacto negativo en el ambiente. Hablando del sulfato de aluminio, las concentraciones altas provocan acidificación y

se bioacumulan en las plantas y afectan la salud de los animales que las consumen. Además, el hierro es un contaminante persistente en los ecosistemas. (Cogollo F, 2011).

Los coagulantes más usados son sulfato de aluminio, aluminato de sodio, cloruro de aluminio, cloruro férrico, sulfato férrico, sulfato ferroso y los polielectrolitos como ayudantes de floculación (Andía, 2000).

2.1.10. Coagulantes naturales

Estos coagulantes derivados de productos orgánicos pueden producir, en contraste a los coagulantes convencionales, rendimientos iguales o superiores. Entre los más usados podremos encontrar a los almidones y polisacáridos naturales como la semilla de *M. oleífera*.

Entre las principales ventajas se destacan:

- Su capacidad para biodegradarse lo convierte en una opción más amigable con el ambiente.
- Su carácter orgánico reduce la posibilidad de cambios en el pH y la conductividad del agua porque no consumen la alcalinidad del medio.
- Elimina completa del aumento de sales en el agua.
- La mejora en la eficiencia se traduce en dosis más bajas de coagulante, es decir, aumenta la velocidad de decantación, disminuye tiempos de coagulación y mejora la densidad del coagulo al reducir la cantidad de floculante.
- Se reduce significativamente la corrosión causada por las sales usadas tradicionalmente, lo que reduce los costos de mantenimiento de la instalación de la planta de tratamiento.

2.1.11. Floculación

La floculación es un proceso que consiste en el movimiento de masas aglutinadas, permitiendo el desarrollo y agregación de estos recién formados, aumentando el peso requerido para llevar a cabo el proceso de sedimentación. Las aglutinaciones pequeñas pueden combinarse para formar agregados y asentarse. La mezcla lenta promueve la formación de flóculos, uniéndose gradualmente. Además, una mezcla rápida puede dañarlo y hacer que sea muy difícil que vuelva a su forma natural y resistencia óptima (Edeline F, 1990).

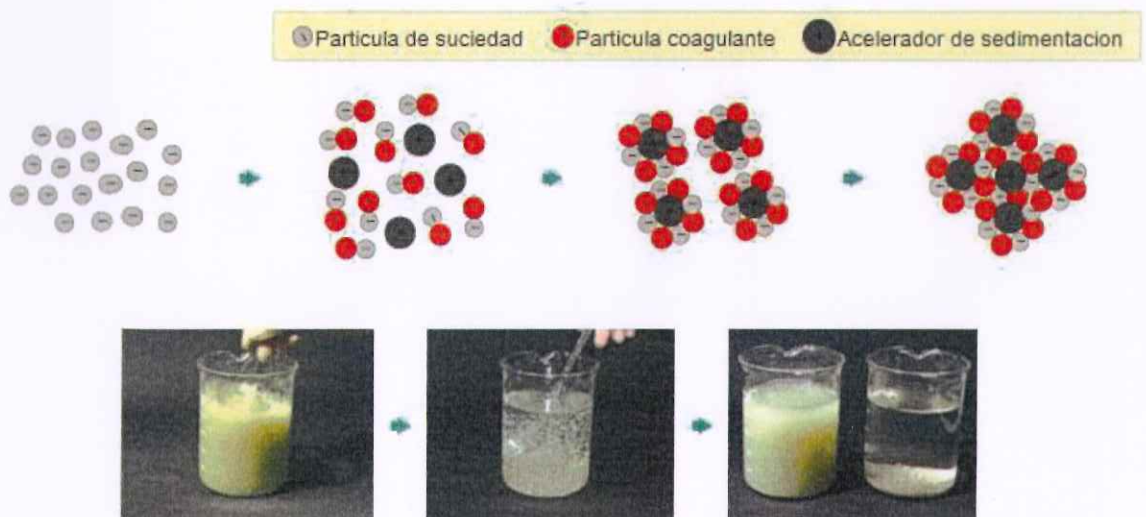


Ilustración 5. Descripción del proceso de floculación.

Fuente: (Fuentes et al., 2016)

En la figura anteriormente expuesta se puede entender mejor de manera gráfica como por medio de la adición de una sustancia coagulante se comienzan a formar los flóculos hasta que finalmente se sedimentan, así se observa en la tercera figura donde se comparan ambas sustancias.

2.1.12. Factores que influyen los procesos de coagulación y floculación

Para optimizar la cantidad y el proceso de coagulación, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

- pH
- Temperatura del agua
- Dosis del coagulante
- Sales disueltas
- Agitación

2.1.13. Parámetros

pH (Potencial de hidrógeno)

Forma de medición que indica el nivel de acidez en el agua, cuantificando los iones de hidrógeno e hidróxido mediante una valoración de 0 a 14 en donde 7 es neutro mientras que los demás valores que estén por encima del 7 son alcalinos y se les denomina ácidos a los que estén por debajo de 7.

Sólidos Disueltos Totales (SDT)

Son aquellos residuos medidos en miligramos que quedan después de haber evaporado la muestra de agua en estudio a 180°C por medio de un elemento de fibra de vidrio cuyas aperturas son de 1,5 micras. Se incluirán a todos aquellos compuestos orgánicos e inorgánicos que se hayan quedado retenidos en el filtro.

Su determinación nos permite verificar la pureza y corroborar si se encuentra en un correcto funcionamiento los sistemas de purificación de agua que se estén usando. Pueden provenir de dos fuentes principales: de fuentes orgánicas como alguna parte de una planta, plancton, fertilizantes, pesticidas y desechos residuales industriales, y de fuentes de origen inorgánicas como aquellos

sólidos productos de la erosión de las rocas, materiales en formas de sales como bicarbonatos de calcio, azufre, nitrógeno, entre otros.

Sólidos suspendidos totales (SST)

El promedio de sólidos suspendidos totales (SST) en un recurso hídrico es igual a la suma de los valores de sólidos suspendidos totales para cada punto de muestreo dividido por el número de puntos de muestreo. Se refieren al material particulado que permanece suspendido en la superficie y/o en corrientes de agua residual.

Son la cantidad de residuos retenidos en un filtro de fibra de vidrio con un tamaño de poro nominal de 0,45 micrones y se refiere a partículas suspendidas en corrientes de agua superficial y/o residuos.

Sólidos sedimentables

Los sólidos sedimentables en agua superficial y salada, así como en desechos domésticos e industriales, se pueden medir y reportar en forma volumétrica (mL/L) o en peso (mg/L). Tiene un tamaño de unas 10 micras que emerge de una suspensión después de un cierto período de tiempo, y está compuesto por partículas más densas que el agua.

DBO₅

Se le denomina Demanda Bioquímica de Oxígeno a la cantidad estimada de oxígeno que es requerida por una población heterogénea microbiana para la oxidación de materia orgánica en una muestra de agua dentro de un período de cinco días (DOF, 2011).

Según nos indica el (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013) este parámetro en las aguas negras, aguas contaminadas por residuos y efluentes industriales influirán en la concentración de oxígeno de la fuente por medio de tres tipos de materiales: los materiales orgánicos carbonosos que son utilizados por organismos aerobios como fuente de nutrientes, los materiales orgánicos

oxidados derivados de compuestos como nitritos y amonio que serán utilizados por determinadas bacterias como las nitrosomas como fuente de energía y por último otros compuestos químicos reductores que reaccionarán con el oxígeno disuelto (OD) (Pilligua, 2019).

DQO

Es un parámetro químico que representa una medida de la materia orgánica e inorgánica disuelta y/o suspendida presente, posiblemente oxidada químicamente en condiciones ácidas. Es medido en miligramos de "oxígeno" que corresponden a la fracción orgánica disuelta y/o suspendida en un litro de solución.

Es de suma importancia su cuantificación porque esta refleja el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales y, por consiguiente, el grado de contaminación de estas.

Turbidez

Según nos indican Espigares García y Fernández Crehuet (1999), es de gran importancia sanitaria este parámetro porque será una aproximación de la cantidad de materias coloidales, orgánicas o minerales, siendo así un indicador de contaminación. Generándose así por partículas en suspensión y por cuánto se van a demorar en sedimentar dichas partículas.

La velocidad de sedimentación de las partículas pequeñas será baja, mientras que las que sean mayores a un micrón lo harán espontáneamente.

Coliformes totales

Fernández-Santisteban (2017) manifiesta que, los coliformes son una familia de bacterias indicadoras de la contaminación fecal en los alimentos y el agua y, por ende, ser una señal de la calidad sanitaria del agua. Una de las principales formas en cómo se da este tipo de polución es por medio de las actividades agrícolas, la magnitud de la población y como la industria va a manejar sus desechos de manera que no cumpla con la norma ambiental vigente.

Se encuentran más comúnmente en el ambiente y también en el suelo y en las superficies de agua dulce, por lo que no necesariamente solamente se encuentran en el intestino. Su identificación en estas fuentes sugiere fallas en la eficiencia del procesamiento y la integridad del sistema de distribución, además que inhabilita el uso del agua de la fuente contaminada por el hecho de ser el origen de una gran cantidad de enfermedades que afectarían la salud humana.

2.1.14. Test de Jarras

El equipo de Test de Jarras es ampliamente utilizado para determinar la concentración de coagulantes que funciona mejor en un tipo específico de muestra de agua para controlar la coagulación y la floculación en un tratamiento de agua o para determinar la velocidad de sedimentación para el diseño de equipos de sedimentación. Su principal objetivo es el de hallar la dosis óptima de coagulante para mejorar la calidad del agua a tratar.

Es un proceso crítico en la etapa de tratamiento primario de las aguas residuales, particularmente en la clarificación, donde se eliminan la mayoría de los sólidos en suspensión. La turbiedad orgánica e inorgánica, el color verdadero y aparente, algunos microorganismos patógenos y algunas sustancias productoras de olor y sabor también se eliminan mediante el proceso de coagulación (Restrepo, 2009).

Como datos previos mínimos que se requieren, se tienen: los valores de pH, turbiedad, color y alcalinidad del agua cruda (Romero Rojas, 2002). Cabe añadir que gracias al test de jarras se puede realizar una simulación de los procesos que implican (coagulación, floculación, sedimentación) para poder montar estos resultados obtenidos a nivel macro en la planta de tratamiento de aguas residuales (ISA, 2017).

2.1.15. Marco legal

Es importante tener en cuenta siempre las normas que indican los límites por los cuales las empresas o cualquier tipo de industria debe regirse ante las descargas de sus aguas residuales ya sea que las descargue por medio del sistema de alcantarillado o directamente al cuerpo de agua dulce o agua salada más cercano.

2.1.15.1 CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR TÍTULO II: DERECHOS

Capítulo II: Derechos del buen vivir

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir. Se declara el interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Capítulo VII. Derechos de la naturaleza

Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda. El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.

2.1.15.2 LEY ORGÁNICA DE SALUD Registro Oficial Suplemento 423 de 22-dic.-2006

Art. 104.- Todo establecimiento industrial, comercial o de servicios, tiene la obligación de instalar sistemas de tratamiento de aguas contaminadas y de residuos tóxicos que se produzcan por efecto de sus actividades.

Las autoridades de salud, en coordinación con los municipios, serán responsables de hacer cumplir esta disposición.

2.1.15.3 CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE CAPÍTULO II

DE LAS FACULTADES AMBIENTALES DE LOS GOBIERNOS AUTÓNOMOS DESCENTRALIZADOS.

Artículo 26.- Facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales en materia ambiental. En el marco de sus competencias ambientales exclusivas y concurrentes corresponde a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales las siguientes facultades, que ejercerán en las áreas rurales de su respectiva circunscripción territorial, en concordancia con las políticas y normas emitidas por la Autoridad Ambiental Nacional:

8. Controlar el cumplimiento de los parámetros ambientales y la aplicación de normas técnicas de los componentes agua, suelo, aire y ruido;

Artículo 27.- Facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales en materia ambiental. En el marco de sus competencias ambientales exclusivas y concurrentes corresponde a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales el ejercicio de las siguientes facultades, en concordancia con las políticas y normas emitidas por los Gobiernos Autónomos Provinciales y la Autoridad Ambiental Nacional:

10. Controlar el cumplimiento de los parámetros ambientales y la aplicación de normas técnicas de los componentes agua, suelo, aire y ruido;

Artículo 30.- Objetivos del Estado. Los objetivos del Estado relativos a la biodiversidad son:

7. Adoptar un enfoque integral y sistémico que considere los aspectos sociales, económicos, y ambientales para la conservación y el uso sostenible de cuencas hidrográficas y de recursos hídricos, en coordinación con la Autoridad Única del Agua.

CAPÍTULO III

ÁREAS ESPECIALES PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

Artículo 61.- De las servidumbres ecológicas voluntarias y obligatorias. Las servidumbres ecológicas voluntarias son un gravamen constituido por acto voluntario del propietario de cualquier predio sobre la totalidad o una parte de dicho predio, llamado predio sirviente, a favor de cualquier persona natural o jurídica para los fines de conservación y protección de especies, ecosistemas, recursos naturales, belleza escénica, valores ecológicos esenciales, u otros valores culturales, socioculturales o genéticos.

Las servidumbres ecológicas obligatorias son las franjas de protección ribereña de los cuerpos de agua, así como las laderas escarpadas naturales. La cobertura boscosa o vegetación natural de las servidumbres ecológicas solo puede ser objeto de aprovechamiento de productos no maderables de simple recolección y de usos no consuntivos.

CAPÍTULO VIII

OTROS INSTRUMENTOS DE GESTIÓN Y CONTROL

Artículo 133.- Investigación científica, innovación y desarrollo tecnológico y extensión forestal. La Autoridad Ambiental Nacional, la Autoridad Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca, la Autoridad Única del Agua y la Autoridad Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación y Saberes Ancestrales identificarán y propondrán iniciativas para la investigación científica, innovación y desarrollo tecnológico y extensión forestal en base a sus competencias.

TÍTULO VII

MANEJO RESPONSABLE DE LA FAUNA Y ARBOLADO URBANO

CAPÍTULO V

CALIDAD DE LOS COMPONENTES ABIÓTICOS Y ESTADO DE LOS COMPONENTES BIÓTICOS

Artículo 191.- Del monitoreo de la calidad del aire, agua y suelo. La Autoridad Ambiental Nacional o el Gobierno Autónomo Descentralizado competente, en coordinación con las demás autoridades competentes, según corresponda, realizarán el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, agua y suelo, de conformidad con las normas reglamentarias y técnicas que se expidan para el efecto. Se dictarán y actualizarán periódicamente las normas técnicas, de conformidad con las reglas establecidas en este Código. Las instituciones competentes en la materia promoverán y fomentarán la generación de la información, así como la investigación sobre la contaminación atmosférica, a los cuerpos hídricos y al suelo, con el fin de determinar sus causas, efectos y alternativas para su reducción.

Artículo 196.- Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales deberán contar con la infraestructura técnica para la instalación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales, de conformidad con la ley y la normativa técnica expedida para el efecto. Asimismo, deberán fomentar el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización, siempre y cuando estas recuperen los niveles cualitativos y cuantitativos que exija la autoridad competente y no se afecte la salubridad pública. Cuando las aguas residuales no puedan llevarse al sistema de alcantarillado, su tratamiento deberá hacerse de modo que no perjudique las fuentes receptoras, los suelos o la vida silvestre. Las obras deberán ser previamente aprobadas a través de las autorizaciones respectivas emitidas por las autoridades competentes en la materia.

CAPÍTULO IV

MONITOREO Y SEGUIMIENTO

Artículo 208.- Obligatoriedad del monitoreo. El operador será el responsable del monitoreo de sus emisiones, descargas y vertidos, con la finalidad de que estas cumplan con el parámetro definido en la normativa ambiental. La Autoridad Ambiental Competente, efectuará el seguimiento respectivo y solicitará al operador el monitoreo de las descargas, emisiones y vertidos, o de la calidad de un recurso que pueda verse afectado por su actividad. Los costos del monitoreo serán asumidos por el operador. La normativa secundaria establecerá, según la actividad, el procedimiento y plazo para la entrega, revisión y aprobación de dicho monitoreo. La información generada, procesada y sistematizada de monitoreo será de carácter público y se deberá incorporar al Sistema Único de Información Ambiental y al sistema de información que administre la Autoridad Única del Agua en lo que corresponda.

2.1.15.4 ACUERDO NO. 061 REFORMA DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA.

TÍTULO I

DISPOSICIONES PRELIMINARES

Art. 1 Ámbito. - El presente Libro establece los procedimientos y regula las actividades y responsabilidades públicas y privadas en materia de calidad ambiental. Se entiende por calidad ambiental al conjunto de características del ambiente y la naturaleza que incluye el aire, el agua, el suelo y la biodiversidad, en relación a la ausencia o presencia de agentes nocivos que puedan afectar al mantenimiento y regeneración de los ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos de la naturaleza.

Aguas. - Todas las aguas marítimas, superficiales, subterráneas y atmosféricas del territorio nacional, en todos sus estados físicos, mismas que constituyen el dominio hídrico público conforme lo definido en la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua.

CAPÍTULO VI

GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS, Y DESECHOS PELIGROSOS Y/O ESPECIALES

Art. 54 Prohibiciones. - Sin perjuicio a las demás prohibiciones estipuladas en la normativa ambiental vigente, se prohíbe:

b) Disponer residuos y/o desechos sólidos no peligrosos, desechos peligrosos y/o especiales en el dominio hídrico público, aguas marinas, en las vías públicas, a cielo abierto, patios, predios, solares, quebradas o en cualquier otro lugar diferente al destinado para el efecto de acuerdo a la norma técnica correspondiente.

CAPÍTULO VIII

CALIDAD DE LOS COMPONENTES BIÓTICOS Y ABIÓTICOS

SECCIÓN I

DISPOSICIONES GENERALES

Art. 196 De las autorizaciones de emisiones, descargas y vertidos. - Los Sujetos de Control deberán cumplir con el presente Libro y sus normas técnicas. Así mismo, deberán obtener las autorizaciones administrativas ambientales correspondientes por parte de la Autoridad Ambiental Competente.

En ningún caso la Autoridad Ambiental Competente otorgará autorizaciones administrativas ambientales cuando las emisiones, descargas y vertidos sobrepasen los límites permisibles o los criterios de calidad correspondientes establecidos en este Libro, en las normas técnicas o en los anexos de aplicación.

En caso de que la actividad supere los límites permisibles se someterá al procedimiento sancionatorio establecido en este Libro.

No se autorizarán descargas ya sean aguas servidas o industriales, sobre cuerpos hídricos, cuyo caudal mínimo anual, no pueda soportar la descarga; es decir, sobrepase la capacidad de carga del cuerpo hídrico. La determinación de la capacidad de carga del cuerpo hídrico será establecida por la Autoridad Única del Agua en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional.

CAPÍTULO VIII

CALIDAD DE LOS COMPONENTES BIÓTICOS Y ABIÓTICOS

SECCIÓN I

DISPOSICIONES GENERALES

SECCIÓN III

CALIDAD DE COMPONENTES ABIÓTICOS

Art. 208 Componentes abióticos. - Entiéndase a los componentes sin vida que conforman un espacio físico que pueden ser alterados de su estado natural por actividades antrópicas, siendo entre otros: el agua, el suelo, los sedimentos, el aire, los factores climáticos, así como los fenómenos físicos.

PARÁGRAFO I

DEL AGUA

Art. 209 De la calidad del agua. - Son las características físicas, químicas y biológicas que establecen la composición del agua y la hacen apta para satisfacer la salud, el bienestar de la población y el equilibrio ecológico. La evaluación y control de la calidad de agua, se la realizará con procedimientos analíticos, muestreos y monitoreos de descargas, vertidos y cuerpos receptores; dichos lineamientos se encuentran detallados en el Anexo I.

En cualquier caso, la Autoridad Ambiental Competente, podrá disponer al Sujeto de Control responsable de las descargas y vertidos, que realice muestreos de sus descargas, así como del cuerpo de agua receptor.

Toda actividad antrópica deberá realizar las acciones preventivas necesarias para no alterar y asegurar la calidad y cantidad de agua de las cuencas hídricas, la alteración de la composición físico-química y biológica de fuentes de agua por efecto de descargas y vertidos líquidos o disposición de desechos en general u otras acciones negativas sobre sus componentes, conllevará las sanciones que correspondan a cada caso.

Art. 210 Prohibición. - De conformidad con la normativa legal vigente:

- a) Se prohíbe la utilización de agua de cualquier fuente, incluida las subterráneas, con el propósito de diluir los efluentes líquidos no tratados;
- c) Se prohíbe la descarga y vertidos de aguas servidas o industriales, en quebradas secas o nacimientos de cuerpos hídricos u ojos de agua; y,
- d) Se prohíbe la descarga y vertidos de aguas servidas o industriales, sobre cuerpos hídricos, cuyo caudal mínimo anual no esté en capacidad de soportar la descarga; es decir que, sobrepase la capacidad de carga del cuerpo hídrico.

La Autoridad Ambiental Nacional, en coordinación con las autoridades del Agua y agencias de regulación competentes, son quienes establecerán los criterios bajo los cuales se definirá la capacidad de carga de los cuerpos hídricos mencionados.

- b) Condición natural (Valor de fondo) más 10%, si la turbiedad natural varía entre 50 y 100 UTN, y,
- c) Condición natural (Valor de fondo) más 20%, si la turbiedad natural es mayor que 100 UTN;
- d) Ausencia de sustancias antropogénicas que produzcan cambios en color, olor y sabor del agua en el cuerpo receptor, de modo que no perjudiquen a la vida acuática y silvestre y que tampoco impidan el aprovechamiento óptimo del cuerpo receptor.

5.2.4 Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce
(ver anexo 1).

2.1.15.6 LEY RECURSOS HÍDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA

TÍTULO I

DISPOSICIONES PRELIMINARES

CAPÍTULO I DE LOS PRINCIPIOS

Artículo 1.- Naturaleza jurídica. Los recursos hídricos son parte del patrimonio natural del Estado y serán de su competencia exclusiva, la misma que se ejercerá concurrentemente entre el Gobierno Central y los Gobiernos Autónomos

Descentralizados, de conformidad con la Ley. El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida, elemento vital de la naturaleza y fundamental para garantizar la soberanía alimentaria.

Artículo 3.- Objeto de la Ley. El objeto de la presente Ley es garantizar el derecho humano al agua, así como regular y controlar la autorización, gestión, preservación, conservación, restauración, de los recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua, la gestión integral y su recuperación, en sus distintas fases, formas y estados físicos, a fin de garantizar el *sumak kawsay* o buen vivir y los derechos de la naturaleza establecidos en la Constitución.

Artículo 4.- Principios de la Ley. Esta Ley se fundamenta en los siguientes principios:

- a) La integración de todas las aguas, sean estas, superficiales, subterráneas o atmosféricas, en el ciclo hidrológico con los ecosistemas;
- b) El agua, como recurso natural debe ser conservada y protegida mediante una gestión sostenible y sustentable, que garantice su permanencia y calidad;
- c) El agua, como bien de dominio público, es inalienable, imprescriptible e inembargable;
- d) El agua es patrimonio nacional y estratégico al servicio de las necesidades de las y los ciudadanos y elemento esencial para la soberanía alimentaria; en consecuencia, está prohibido cualquier tipo de propiedad privada sobre el agua;
- e) El acceso al agua es un derecho humano;
- f) El Estado garantiza el acceso equitativo al agua;

- g) El Estado garantiza la gestión integral, integrada y participativa del agua; y,
- h) La gestión del agua es pública o comunitaria.

Artículo 5.- Sector estratégico. El agua constituye patrimonio nacional, sector estratégico de decisión y de control exclusivo del Estado a través de la Autoridad Única del Agua. Su gestión se orientará al pleno ejercicio de los derechos y al interés público, en atención a su decisiva influencia social, comunitaria, cultural, política, ambiental y económica.

- h) La conformación geomorfológica de las cuencas hidrográficas, y de sus desembocaduras;
- i) Los humedales marinos costeros y aguas costeras; y,
- j) Las aguas procedentes de la desalinización de agua de mar. Las obras o infraestructura hidráulica de titularidad pública y sus zonas de protección hidráulica se consideran parte integrante del dominio hídrico público.

Artículo 12.- Protección, recuperación y conservación de fuentes. El Estado, los sistemas comunitarios, juntas de agua potable y juntas de riego, los consumidores y usuarios, son corresponsables en la protección, recuperación y conservación de las fuentes de agua y del manejo de páramos, así como la participación en el uso y administración de las fuentes de aguas que se hallen en sus tierras, sin perjuicio de las competencias generales de la Autoridad Única del Agua de acuerdo con lo previsto en la Constitución y en esta Ley.

La Autoridad Única del Agua, los Gobiernos Autónomos Descentralizados, los usuarios, las comunas, pueblos, nacionalidades y los propietarios de predios donde se encuentren fuentes de agua, serán responsables de su manejo sustentable e integrado, así como de la protección y conservación de dichas fuentes, de conformidad con las normas de la presente Ley y las normas técnicas que dicte la Autoridad Única del Agua, en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional y las prácticas ancestrales.

El Estado en sus diferentes niveles de gobierno destinará los fondos necesarios y la asistencia técnica para garantizar la protección y conservación de las fuentes de agua y sus áreas de influencia. En caso de no existir usuarios conocidos de una fuente, su protección y conservación la asumirá la Autoridad Única del Agua en coordinación con los Gobiernos Autónomos Descentralizados en cuya jurisdicción se encuentren, siempre que sea fuera de un área natural protegida.

El uso del predio en que se encuentra una fuente de agua queda afectado en la parte que sea necesaria para la conservación de la misma. A esos efectos, la Autoridad Única del Agua deberá proceder a la delimitación de las fuentes de agua y reglamentariamente se establecerá el alcance y límites de tal afectación.

Los propietarios de los predios en los que se encuentren fuentes de agua y los usuarios del agua estarán obligados a cumplir las regulaciones y disposiciones técnicas que en cumplimiento de la normativa legal y reglamentaria establezca la Autoridad Única del Agua en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional para la conservación y protección del agua en la fuente.

Artículo 13.- Formas de conservación y de protección de fuentes de agua. Constituyen formas de conservación y protección de fuentes de agua: las servidumbres de uso público, zonas de protección hídrica y las zonas de restricción.

Los terrenos que lindan con los cauces públicos están sujetos en toda su extensión longitudinal a una zona de servidumbre para uso público, que se regulará de conformidad con el Reglamento y la Ley.

Para la protección de las aguas que circulan por los cauces y de los ecosistemas asociados, se establece una zona de protección hídrica. Cualquier aprovechamiento que se pretenda desarrollar a una distancia del cauce, que se definirá reglamentariamente, deberá ser objeto de autorización por la Autoridad Única del Agua, sin perjuicio de otras autorizaciones que procedan.

Las mismas servidumbres de uso público y zonas de protección hídrica existirán en los embalses superficiales.

En los acuíferos se delimitarán zonas de restricción en las que se condicionarán las actividades que puedan realizarse en ellas en la forma y con los efectos establecidos en el Reglamento a esta Ley.

Metodología

3.1 Diseño de la investigación

El diseño aplicado en este trabajo de investigación ha sido netamente experimental, método por el cual se plantean ensayos comparativos al tratamiento de clarificación de aguas que despertó el interés investigativo y por el cual se buscará la dosis óptima.

En esta investigación se analizaron los siguientes parámetros:

- Turbidez
- SST (Sólidos suspendidos totales)
- DBO_5
- DQO
- pH
- Coliformes totales

3.2 Preparación y Organización

Para llevar a cabo este proyecto se utilizaron los materiales, reactivos químicos y equipos que estaban disponibles en la sede de estudio, el campus María Auxiliadora, ubicado exactamente en el 19.5 km Vía a la Costa. Mientras que para los parámetros que no se pudieron realizar en la institución, se subcontrató el servicio de un laboratorio ambiental acreditado (PSI), validado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano.

3.3 Materiales y equipos

Los materiales que se usaron para la investigación fueron los siguientes:

- 6 vasos de precipitación (1000 ml)
- 3 pipetas (1 ml, 2 ml y 5 ml)
- 1 pera
- 1 agitador
- 3 vidrio reloj
- 4 matraces aforados de 100 ml
- 2 fundas ziploc pequeñas
- 1 pliego de papel filtro
- 5 botellas de un galón

Mientras que, los equipos utilizados fueron los siguientes:

- Test de jarra de 6 posiciones FC6S (VELP SCIENTIFICA)
- Balanza analítica
- Estufa
- Licuadora
- Potenciómetro
- Espectrofotómetro

Adicionalmente, los reactivos utilizados se nombran a continuación:

- 20 gr de harina de moringa
- 1 gr de sulfato de aluminio
- 1000 ml de agua destilada

- 1 ml de hipoclorito de sodio

3.4 Muestreo

Conforme se indica en la normativa INEN 2176:2018 y debido a que no hay una diferencia en la materia prima para la posterior producción de los productos, se opta por ejercer la metodología de muestreo puntual. Esta se basa en la recolección de forma manual o automática, realizada cuando se conoce que no existen gradientes de concentraciones específicas.

3.5 Punto de muestreo

Para el punto de las recolecciones de las muestras se escogió al efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales debido a su relevancia crítica en la evaluación y protección del entorno natural. Esta elección se basa en varios motivos fundamentales. En primer lugar, los efluentes industriales a menudo contienen una amplia gama de sustancias químicas y contaminantes que pueden tener efectos adversos en los ecosistemas acuáticos y terrestres circundantes. Además, la monitorización del efluente permite evaluar la eficacia de las medidas de tratamiento y control de la planta de tratamiento, garantizando el cumplimiento de las regulaciones ambientales vigentes. Y por estas razones, al estudiar el efluente, podemos identificar y abordar posibles fuentes de contaminación antes de que causen daños significativos al ambiente y a la salud pública.



Ilustración 6 Área de muestreo

Fuente: (mapa satelital de Ecuador // América del Sur, s/f).

Para la recolección de las muestras se tomó en cuenta seguir el protocolo indicado por los siguientes reglamentos:

- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169:2013
- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2176:2013

Las cuales hablan sobre el cuidado que se debe tener al momento de preparar, cuando se realiza el muestreo, las normas de como preservar dichas muestras y los pasos para realizar los estudios en el laboratorio para que los resultados sean los más cercanos a la realidad.

Una vez en el sitio de muestreo, se procedió a tomar 2 galones de aguas residuales en los recipientes previamente enjugados 3 veces con el agua de estudio. Luego se dividió una parte para llevarlo al laboratorio acreditado para que la alteración de los resultados sea mínima y, con lo restante, se realizó los análisis respectivos en el laboratorio de la institución académica.

3.6 Preparación del biocoagulante y soluciones

La preparación y el descascarado de las semillas de *Moringa oleífera* son pasos críticos en la obtención de un biocoagulante eficaz. En primer lugar, se recolectan las semillas maduras y que

se encuentren en mejor estado de los árboles de Moringa, teniendo en cuenta que las que presenten mal estado es preferible descartarlas. Luego se procede a secarlas en la estufa a 75°C durante 48 horas para reducir su contenido de humedad.

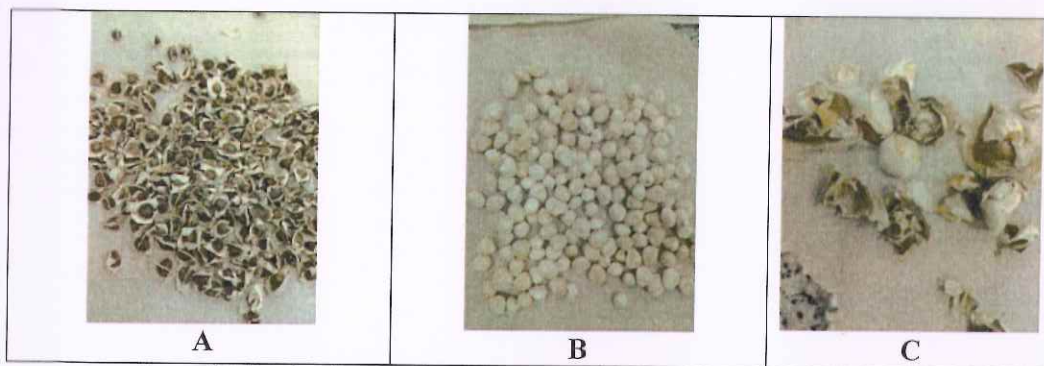


Ilustración 7. A: Semillas con cáscaras. B: semillas sin cáscaras. C: semillas descartadas.

Fuente: Autor.

Una vez secas, las semillas se trituran o muelen por medio de una trituradora o una batidora en un polvo fino.



Ilustración 8. Harina de semilla obtenida luego de triturar las semillas en la licuadora.

Fuente: Autor.

Luego, este polvo se sumerge en agua a temperatura ambiente, creando una suspensión lechosa. El siguiente paso crucial implica dejar reposar esta suspensión durante un período específico para permitir que las partículas de coagulación naturales contenidas en la semilla se separen y se

sedimenten. Finalmente, se separa el agua clarificada del sedimento coagulado, que ahora se puede utilizar como un biocoagulante efectivo en la purificación de agua, ayudando a eliminar las partículas y turbidez presentes en el agua cruda de manera ecoamigable y de bajo costo.

A continuación, se detalla el proceso realizado:

- Se procedió a pesar en la balanza analítica por medio del vidrio reloj: 1, 2 y 5 gramos de la harina de la semilla para las soluciones al 1%, 5% y la concentrada.



Ilustración 9. Harina de la semilla de *M. oleífera* pesada a 1 gr (A), 2 gr (B) y 5 gr (C).

Fuente: Autor.

- Añadir el 1g de polvo de semilla pesado con anterioridad con ayuda de un embudo a 1 matraz volumétrico de 100 ml y aforar con agua destilada para obtener la solución al 1%.
- Agregar 5 g del polvo de semilla en otro matraz volumétrico de 100 ml y así mismo aforar con agua destilada para la obtención de la solución al 5%.
- Así mismo pesar y realizar para obtener la solución concentrada de 2 gr de la harina de *M. oleífera*.

- Agitar enérgicamente mientras se termine de añadir el polvo para facilitar la disolución de este en el agua destilada.
- Finalmente, se rotulan las disoluciones.

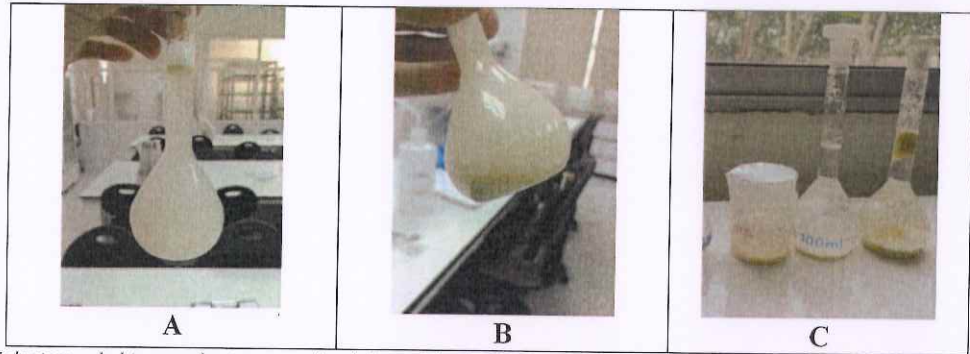


Ilustración 10. Soluciones de biocoagulante por medio de la mezcla de 1 gr (A) y 5 gr (B) de M. oleífera en 100 ml de agua destilada. En la figura C encontramos las soluciones para la realización de las pruebas correspondientes a la 2da repetición.

Fuente: Autor.

En las dos figuras de arriba mostradas arriba se puede observar que la solución más clara es la que contiene 1% de Moringa, por otra parte, las que tiene una coloración más lechosa son las que contienen la concentración del 5% y la de 2% en 40 ml de agua destilada.

Mientras que, para la preparación de la solución del sulfato de aluminio, se pesó un gramo en la balanza analítica para posteriormente mezclarla en el matraz aforado de 100 ml con agua destilada, y así obtenemos la disolución del sulfato de aluminio al 1%.



Ilustración 11. Solución de sulfato de aluminio.

Fuente: Autor.

Para la preparación de la solución del coagulante obtenido de la semilla, se optó por hacer cinco dosis, todas serían en agua destilada en las que tendría las siguientes concentraciones según se detalla a continuación en la tabla 1.

	Cantidades (sustancias + agua destilada)
M. oleífera 1%	1 gr + 100 ml
M. oleífera 5%	5 gr + 100 ml
M. oleífera 1% + Sulfato de aluminio 1%	1 gr + 1 gr + 100 ml
M. oleífera 5% + Sulfato de aluminio 1%	5 gr + 1 gr + 100 ml
Solución concentrada de M. oleífera	2 gr + 40 ml

Tabla 1. Lista de soluciones de coagulantes realizadas.

Fuente: Autor.

3.7 Pruebas en el Test de Jarras

Para poder obtener la dosis óptima se procedió a realizar un total de 13 repeticiones donde las primeras 7 repeticiones se realizó el test de jarras con una solución de M. oleífera en la que se batía enérgicamente antes de ser mezclada con la muestra de agua residual. Mientras que la segunda parte de repeticiones consistió en dejar reposar por 3 días las soluciones de M. oleífera en donde se tendría cuidado de no agitar la solución para que los sólidos que no se trituraron por

completo de la harina siga sedimentado al fondo del matraz. Los pasos realizados fueron los siguientes:

- En primer lugar, se midieron 500 ml de la muestra de agua residual en los vasos precipitados del equipo del test de jarras.
- Añadimos las cantidades estipuladas de acuerdo se especifican en las tablas.
- Se bajaron las paletas para que estén dentro de los vasos de precipitación.
- Luego de encender el equipo, giró la rueda en el modo de 10 rpm y se lo dejó batiendo por 45 minutos.
- Una vez que el tiempo de agitación se completó, se dejaron reposar las muestras por un tiempo de 30 minutos a 1 hora para que así todos los flóculos puedan sedimentar completamente.

1era repetición							
	1er vaso	2do vaso	3er vaso	4to vaso	5to vaso	6to vaso	7mo vaso
Dosis	1 ml Moringa o. 1%	2 ml Moringa o. 1%	3 ml Moringa o. 1%	1 ml Moringa o. 5%	2 ml Moringa o. 5%	1 ml c/u Moringa o. 1% + Sulfato de aluminio 1%	2 ml Moringa o. 1% + Sulfato de aluminio 1%

Tabla 2. Dosis de las soluciones de coagulantes efectuadas en la 1era repetición.

Fuente: Autor.

Es importante acotar que, para las dosis de coagulantes realizadas para la 2da repetición en el test de jarras, se procedió a tratarles de una manera diferente. Aquí, las soluciones que contenían las dosis fueron sometidas a un proceso de separación de los sólidos gruesos de la semilla que no se trituraron ni disolvieron del todo para obtener así la dosis del coagulante filtrada.

2da repetición						
	1er vaso	2do vaso	3er vaso	4to vaso	5to vaso	6to vaso
Dosis	4 ml Moringa o. 1%	3 ml Moringa o. 5%	3 ml Moringa o. 5%	2 ml Solución concentrada de Moringa o.	3 ml c/u Moringa o. 1% + Sulfato de aluminio 1%	2 ml c/u Moringa o. 5% + Sulfato de aluminio 1%

Tabla 3. Dosis de las soluciones de coagulantes efectuadas en la 2da repetición.

Fuente: Autor.

3.3 Cálculo de la fórmula de eficiencia de remoción de turbidez

Es importante acotar La fórmula que se utilizó para poder evaluar los tratamientos aplicados a las muestras de aguas residuales fue la siguiente:

$$\text{Eficiencia de la semilla como biocoagulante} = \frac{\text{Turbidez inicial} - \text{Turbidez final}}{\text{Turbidez inicial}} * 100$$

3.4 Cronograma y actividades

No	ACTIVIDAD	Mayo				Junio				Julio				Agosto			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Elaboración de anteproyecto	x	x														
2	Exposición de anteproyecto			x													
3	Corrección de observaciones				x						x	x	x	x	x	x	
4	Obtención del biocoagulante					x	x										
5	Caracterización de agua residual industrial							x	x								
6	Pruebas del coagulante en el test de Jarra								x	x	x	x	x				

Análisis y discusión

4.1 Análisis de resultados

Para analizar y realizar las comparaciones de los valores de los parámetros obtenidos con la muestra de agua residual inicial, se optó por escoger los dos mejores resultados en las dos repeticiones de acuerdo con los criterios de evaluación que Lorenzo-Acosta, Y, (2006) nos indica:

- Clarificación: siendo este el criterio más importante por lo que la cristalinidad del agua es el objetivo principal que persigue el test de jarras. Para esto, se debe tener en cuenta la observación del sobrenadante en conjunto con la cantidad de material suspendido (SST) (Lorenzo-Acosta, Y, 2006).
- Flóculos: cantidad de flóculos generados, sin son de gran tamaño o pequeños, velocidad de aparición (Lorenzo-Acosta, Y, 2006).

4.1.1 Comparación de los resultados escogidos en la primera repetición

Mediante los criterios antes mencionados se procedió a evaluar las dos muestras tratadas con mejor apariencia según su nivel de turbidez y cantidades de flóculos.

Es así como se decidió por realizar el análisis detallado de los parámetros del 5to vaso, cuya dosis de tratabilidad fue un agregado de 2 ml de la solución de harina de *M. oleífera* al 5%, y del 7mo vaso cuya dosis fue de naturaleza mixta al tener 2 ml de *M. oleífera* al 1% con 2 ml de sulfato de aluminio al 1%.

1era repetición								
	1er vaso	2do vaso	3er vaso	4to vaso	5to vaso	6to vaso	7mo vaso	Muestra de agua residual inicial
Cantidad	1 ml <i>M. oleifera</i> 1%	2 ml <i>M. oleifera</i> 1%	3 ml <i>M. oleifera</i> 1%	1 ml <i>M. oleifera</i> 5%	2 ml <i>M. oleifera</i> 5%	1 ml c/u <i>M. oleifera</i> 1% + Sulfato de aluminio 1%	2 ml <i>M. oleifera</i> 1% + Sulfato de aluminio 1%	
Parámetros								
Turbidez (NTU)	x	x	x	x	23,76	x	3,81	594
ST (mg/l)	x	x	x	x	410	x	358	864
DBO5 (mg/l)	x	x	x	x	185,55	x	165,03	594
DQO (mg/l)	x	x	x	x	371,1	x	330,06	1088
Coliformes (NMP/100 ml)	x	x	x	x	150790	x	183500	35000000
pH	x	x	x	x	5,86	x	6,02	5,8

Tabla 6. Valores de las dos muestras escogidas para realizar el estudio de comparación con los datos de la muestra de agua residual obtenida en la primera repetición.

Fuente: Autor.

Podemos notar que, a pesar de que hubo una disminución de los parámetros en general a comparación con la caracterización obtenida de la muestra de agua residual inicial, observamos que hubo una disminución aún mayor con la dosis mixta de coagulante.

A pesar de lo anteriormente dicho, se puede evidenciar que la capacidad bactericida del coagulante obtenido por medio de la solución de *M. oleifera* va ligada a la concentración debido a que se encontró una notable mejora en la dosis al 5% por disminución de los coliformes totales con una cantidad de 15079 NMP/100 ml mientras que la dosis de coagulante al 1% presenta la cantidad de 183500 NMP/100 ml.

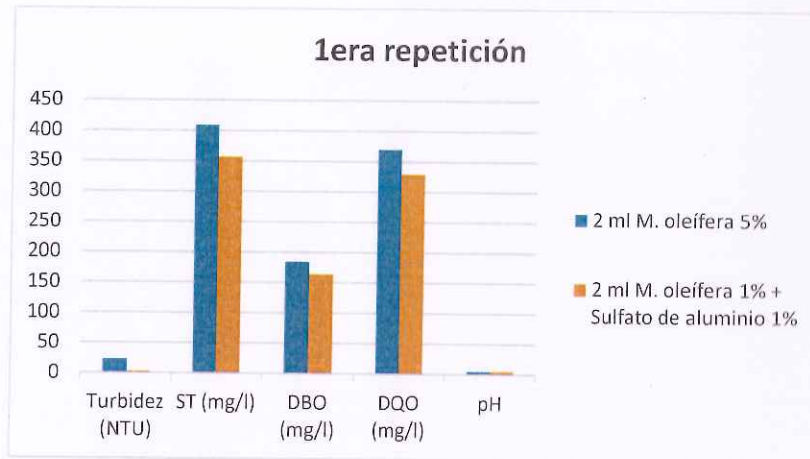


Tabla 7. Tabla comparativa entre las dos muestras escogidas en la primera repetición.

Fuente: Autor.

4.1.2 Comparación de los resultados escogidos en la segunda repetición

La muestra de agua residual para esta repetición se la recogió y guardó en refrigeración a 4°C unos 3 días antes de la evaluación con las dosis con los coagulantes en el test de jarras.

En esta segunda repetición, siguiendo el mismo método anterior, solamente se escogió: el 3er vaso cuya dosis de 4 ml se basaba en la composición de *M. oleifera* al 5%.

2da repetición							
	1er vaso	2do vaso	3er vaso	4to vaso	5to vaso	6to vaso	Muestra de agua residual inicial
Cantidad	4 ml <i>M. oleifera</i> 1%	3 ml <i>M. oleifera</i> 5%	4 ml <i>M. oleifera</i> 5%	2 ml Solución concentra da de <i>M. oleifera</i> .	3 ml c/u <i>M. oleifera</i> 1% + Sulfato de aluminio 1%	2 ml c/u <i>M. oleifera</i> 5% + Sulfato de aluminio 1%	
Parámetros							
Turbidez (NTU)	x	x	6,04	x	x	x	594
ST (mg/l)	x	x	264	x	x	x	864
DBO5 (mg/l)	x	x	127,87	x	x	x	594
DQO (mg/l)	x	x	234	x	x	x	1088

Coliformes (NMP/100 ml)	x	x	23000	x	x	x	35000000
pH	x	x	5,92	x	x	x	5,8

Tabla 8. Valores de las dos muestras escogidas para realizar el estudio de comparación con los datos de la muestra de agua residual obtenida en la segunda repetición.

Fuente: Autor.

Conforme a los resultados obtenidos de ambas muestras, podemos analizar nuevamente que la capacidad bactericida del coagulante obtenido a partir de la *M. oleífera* funciona mucha mejor cuando dicha solución es filtrada y depende también de la cantidad añadida de la concentración al 5%. Entre tanto, los parámetros como: el DBO_5 y el DQO, se puede presenciar que hay un incremento sustancial en sus valores que se puede explicar por el tiempo que la muestra estuvo guardada. Así mismo encontramos que el valor de la turbidez se ha disminuido posiblemente dado por la influencia de haber preparado con días de antelación la solución del coagulante natural. Pero es de notar que la capacidad antimicrobiana sigue vigente a pesar del almacenaje.

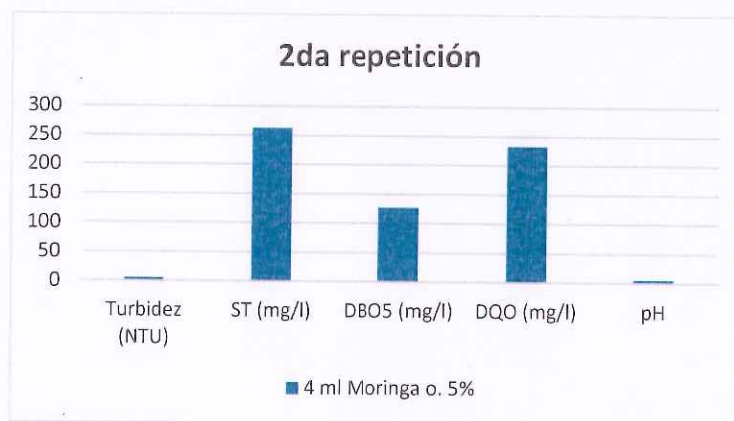


Tabla 9. Tabla comparativa entre las dos muestras escogidas en la segunda repetición.

Fuente: Autor.

4.2 Comparación con la normativa ecuatoriana (TULSMA)

Teniendo como referencia la tabla 3 y la tabla 9 del anexo 1 del Libro IV del Texto Unificado de Legislación del Ministerio del Ambiente que nos indican los criterios de calidad del agua para riego agrícola y la calidad de agua para descargar a un cuerpo de agua dulce respectivamente, podemos notar que los resultados a pesar de que no todos cumplen con el límite máximo permisible (LMP), se ve una amplia mejora en los resultados obtenidos en la 2da caracterización cuyas dosis del coagulante obtenidas a partir de la *M. oleifera*.

	Muestra de agua residual inicial	1era Caracterización		2da Caracterización	Tablas TULSMA	
		Muestra de agua tratada		Muestra de agua tratada	Tabla 3. Agua para riego agrícola	Tabla 9. Descarga a un cuerpo de agua dulce
		5to vaso	7mo vaso	3er vaso	LMP	
Turbidez (NTU)	594	6,89	3,81	6,04	-	-
ST (mg/l)	864	410	358	264	-	1600
DBO5 (mg/l)	594	185.55	165.03	127,87	-	100
DQO (mg/l)	1088	371.1	330.06	234	-	200
Coliformes totales (NMP/100 ml)	35000000	150790	183500	23000	1000	2000
pH	5,8	5.86	6.02	5,92	6-9	6-9

Tabla 10. Tabla comparativa con los LMP obtenidos del Anexo 1 del libro IV del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.

Fuente: Autor.

4.3 Eficiencia de remoción de turbidez

Los resultados obtenidos en cuanto a la remoción de turbidez en las tres muestras analizadas son satisfactorios según se puede observar en la siguiente tabla.

	Muestras	% Remoción turbidez
1era repetición	5to vaso	96
	7mo vaso	95,23
2da repetición	3er vaso	98,98

Tabla 11. Tabla de porcentaje de remoción de turbidez en las muestras escogidas en ambas repeticiones.

Fuente: Autor.

Primeramente, hablando sobre las muestras que fueron escogidas en la primera repetición, se tiene que la muestra del 5to vaso registró una remoción del 96%, lo que indica una eficaz purificación del agua. La muestra del 7mo vaso dio como resultado un notable 95.23% de turbidez eliminada, demostrando una eficiencia similar a la primera. Luego, analizando la muestra obtenida de la 2da repetición, el porcentaje de remoción del 3er vaso presentó el mejor rendimiento con un porcentaje de 98,98% en cuanto a la eliminación de la turbidez se refiere, resaltando que el método utilizado en esta repetición se vio influenciado por el almacenaje tanto de la muestra como de las soluciones de los coagulantes. Estos resultados reflejan el sólido avance en la purificación del agua y ofrecen un claro indicio de la efectividad de las técnicas empleadas en la reducción de la turbidez en estas muestras.



Tabla 12. Tabla comparativa entre los porcentajes de remoción de turbidez.

Fuente: Autor.

4.4 Discusión

El objetivo principal de este trabajo investigativo fue el de poder realizar la experimentación para evaluar la eficiencia del coagulante natural obtenido por medio de la semilla de *M. oleífera* en las aguas residuales de la empresa en estudio.

Según Pilligua (2019) en su trabajo de estudio del coagulante obtenido por medio de la *M. oleífera*, la dosis de coagulante natural y la dosis mixta dieron muy buenos resultados en el parámetro de sólidos totales disueltos, pero, al igual que en este trabajo, cuando se intentó experimentar con una solución concentrada del coagulante natural tampoco dio resultados satisfactorios reflejando una disminución del 72,75% de remoción a un 68,41%. Mientras que en este trabajo la muestra que fue sometida a la dosis concentrada no pudo pasar el criterio de valoración para escogerla y realizar los análisis químicos correspondientes.

Uno de los mayores puntos para tener en cuenta en la presente investigación es que se notó su actividad antimicrobiana, (C. Martín, y otros, 2013) indica en su artículo que según una investigación que se realizó en Kenya, se demostró esta característica sobre bacterias como la *Salmonella typhi*, *Vibrio cholerae* y otras, microorganismo causantes enfermedades como la fiebre tifoidea y cólera. También podemos acotar el trabajo de (Suárez, Entenza y Doerries, 2003), los cuales encontraron que extractos de la semilla de *M. oleífera* pueden flocular bacterias gram positivas y gram negativas de la misma manera como sucede con los coloides del agua. Esto, al ejercer una acción inhibidora en enzimas esenciales de la membrana celular.

Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

- No obstante, de que los parámetros como el DBO5, DQO, sólidos totales, coliformes totales y pH no lograron cumplir en su totalidad con los LMP regidos por la normativa ecuatoriana, no se puede negar el hecho de que el coagulante natural obtenido a partir de la semilla *M. oleífera* haya logrado unos resultados eficientes al acercarse a los límites máximos permisibles por valores mínimos encima de estos.
- La dosis de biocoagulante obtenido demostró una minoría en la eficiencia cuando estas se realizan con días de antelación al momento de realizar las evaluaciones en el test de jarras. Y, así mismo, cuando se almacena la muestra de agua residual a tratar.
- El tamaño de las partículas de la harina de *M. oleífera* para su posterior como biocoagulante es un criterio a tener en cuenta debido a que, al ser partículas muy grandes, no va a haber una correcta neutralización en la carga de la muestra y, por ende, no se va a realizar el correcto proceso de coagulación y floculación.
- Es notable también acotar que los resultados de las dosis mixtas de coagulantes dieron valores muy favorables que incitan a la continua investigación sobre la *M. oleífera* con otros tipos de coagulantes químicos para encontrar el punto exacto de eficiencia y poder así minimizar el uso y gastos de estos.
- El efecto bactericida de la dosis del biocoagulante obtenido a partir de la *M. oleífera* es de sumo interés por su implicación directa en la salud de las comunidades que tengan contacto directo con el agua contaminada.
- El empleo del uso de concentraciones sobresaturadas de coagulante como fue el caso del uso de 2 gr de la harina de *M. oleífera* en 20 ml de solución de agua destilada no rindió de la manera esperada en cuanto a la generación de flóculos se refiere.

- El único parámetro con el que las dosis de coagulantes naturales no ejercían casi efecto alguno o nulo fue el del pH.

5.2 Recomendaciones

- A pesar de que el porcentaje de remoción que se obtuvo solamente con la disolución de *M. oleífera* al 5% fue muy bueno, se puede optar por la adición en conjunto de otros coagulantes químicos para mejorar aún más dicho porcentaje de eficacia en los parámetros estudiados.
- Se debe tener un buen entendimiento sobre la preparación, el proceso de obtención del coagulante y el almacenaje por lo que es de gran importancia a la hora de conseguir buenos resultados.
- Se debe impulsar, más que todo en el sector industrial, el uso de coagulantes naturales como alternativa sustentable y amigable al medio ambiente dado el hecho de que favorecería a la imagen propia de la empresa.
- Se sugiere una continua investigación sobre el posterior uso de los sólidos de la *M. oleífera* que fueron filtrados de la solución de coagulante.

Referencias bibliográficas

- Acuerdo Ministerial 97. (04 de Noviembre de 2015). REFORMA TEXTO UNIFICADO LEGISLACION SECUNDARIA, MEDIO AMBIENTE, LIBRO VI, Decreto Ejecutivo 3516, Registro Oficial Suplemento 2, 31/03/2003. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf>
- Agarwal. (2013). Anticancer activity of Moringa oleifera mediated silver nanoparticles on human cervical carcinoma cells by apoptosis induction. Mexico: Colloids and Surfaces B: Biointerfaces.
- Andía, Y. (2000). Tratamiento de agua. Coagulación y Floculación. (SEDAPAL, Ed.) Recuperado de: <https://bit.ly/2KKb00T>
- Andrade, Luciana. [et. al]. Structural characterization of coagulant moringa oleifera lectin and its effect on hemostatic parameters. ELSEVIER, 2013. p1-9.
- Anselme Ndabigengesere, K Subba Narasiah, Quality of water treated by coagulation using Moringa oleifera seeds, Water Research, Volume 32, Issue 3, 1998, Pages 781-791, ISSN 0043-1354, [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(97\)00295-9](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(97)00295-9). (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135497002959>)
- Cogollo, Juan. Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados: casos del hidroxiclورو de aluminio, 2010. p18-27. ISBN: 0012-7353-5419.
- Danya Melany Tumbaco Talledo Kevin Marlon Acebo Mite. (2018). EFICIENCIA DE BIOCOAGULANTE A BASE DE SEMILLA DE MORINGA OLEÍFERA PARA APLICACIÓN DE TRATAMIENTO DE AGUA USANDO COMO FUENTE DE CAPTACIÓN EL RIO GUAYAS. Universidad de Guayaquil. Guayaquil.
- DOF. NMX-AA-028-SCFI-2001. Diario Oficial de la Federación. 2001 (17 de abril).
- Dume L., Merlín Lenin. (2016). Implementación del plan de mantenimiento para el tratamiento de aguas residuales en la producción de puré de banano y flake en la empresa futurcorp s.a, en el Cantón Pueblo Viejo, año 2016. Tesis de Pregrado;T-UTEQ-0018.
- Edeline F. (1990). Tratamiento Fisicoquímico del Agua. 29-32.
- Espigares García M., & Moreno Abril O. (1999). Caracteres microbiológicos, aguas envasadas, usos recreativos del agua. In Estudio sanitario del agua. Pérez López J. A. and Espigares García M. (eds). Editorial Universidad de Granada, Granada (España), pp. 115-127.
- Fernández-Santisteban, M. T. (2017). Determinación de coliformes totales y fecales en aguas de uso tecnológico para las centrifugas. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, 51(2), 70-73. <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223154251011.pdf>
- Flaten, TP (2001). Aluminium as a risk factor in Alzheimer's disease, with emphasis on drinking water.

- Fúquene, D. M., & Yate, A. V. (2018). Ensayo de jarras para el control del proceso de coagulación en el tratamiento de aguas residuales industriales. <https://doi.org/10.22490/ECAPMA.2771>
- García, M. INAFOR. Producción de semillas forestales de especies forrajeras enfatizados en sistemas Siolvopastoriles: Moringa oleífera Lam, 2003. Consultado el 25 de Mayo de 2007. (en línea). Disponible en: www.inafor.gob.ni
- Garrido, P. N. (2015). Moringa Oleífera un aliado en la lucha contra la desnutrición. Accioncontraelhambre.org.
<https://www.accioncontraelhambre.org/sites/default/files/documents/moringa-final-pag-simples.pdf>
- Gassenschmidt, U., Jany, K. D., Tauscher, B. & Niebergall, H. (1995) Isolation and characterization of a flocculating protein from Moringa oleífera Lam. *Biochimica Biophysica Acta*, 1243, 477-481.
- Giuseppi, P. P. G. (2019). Determinación de la capacidad de adsorción de contaminantes utilizando la semilla de Moringa (Moringa oleífera) en agua residual de una piscina camaronera. Universidad Agraria del Ecuador.
- ISA. (11 de 09 de 2017). Prueba de jarras. Obtenido de <http://www.isa.ec/index.php/vaviene/entry/prueba-de-jarras>.
- Jingxi, Tie [et. al]. A Comparasen between moringa oleifera seed presscake extract and polyluminum chloride in the removal of direct black 19 from synthetic wastewater. *ELSEVIER*, 2015.p530-534.
- Jumique, A. (2022, junio 29). Cómo consumir la moringa (beneficios y propiedades). Prensa Libre. <https://www.prensalibre.com/vida/salud-y-familia/7-beneficios-de-la-moringa-como-y-cuanto-consumirla/>
- Lorenzo-Acosta, Y., (2006). Estado del arte del tratamiento de aguas por coagulación-floculación. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, XL(2), 10-17.
- Martín, C, Martín, G, García, A, Fernández, Teresa, Hernández, Ena, & Puls, Jürgen. (2013). Potenciales aplicaciones de Moringa oleifera. Una revisión crítica. *Pastos y Forrajes*, 36(2), 137-149. Recuperado en 17 de septiembre de 2023, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942013000200001&lng=es&tlng=es.
- Mejía Reinoso, T. J. (2010). Estudio sobre la calidad del agua potable del cantón Gualaquiza (Master's thesis). Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/2589>
- N. Fuentes, E. Molina, and C. Ariza, "Coagulantes naturales en sistemas de flujo continuo, como sustituto del Al₂(SO₄)₃ para clarificación de aguas," *Prod. + Limpia*, vol. 11, no. 2, pp. 41–54, 2016.

- Naciones Unidas. (22 de 06 de 2020). *Objetivos de desarrollo sostenible*. Obtenido de un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/
- NTE INEN 2169:2013, de enero de 2013. Agua. Calidad de Agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.
- Núñez, Eliana. Validación de la efectividad de la semilla de Moringa oleifera como coagulante natural del agua, destinada al consumo humano, Morocelí, Honduras. Honduras, 2007.p7-13.
- Olson, Mark E., & Fahey, Jed W. (2011). Moringa oleifera: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. *Revista mexicana de biodiversidad*, 82(4), 1071-1082. Recuperado en 07 de septiembre de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532011000400001&lng=es&tlng=.
- Orozco, C. Perez. A. Alfayante, J. Contaminación Ambiental: una visión desde la química. Thomson editores spain paraninfo S.A. Madrid, España, (2009).ISBN:84-9732-178-2.
- Restrepo, H. (2009). Evaluación de proceso de Coagulación- Floculación de una planta de tratamiento de agua potable. (U. N. Colombia, Ed.) Recuperado de: http://www.bdigital.unal.edu.co/877/1/15372239_2009.pdf
- Reynolds, Kelly. Tratamiento de aguas residuales en Latinoamérica. Editorial: De La Llave. Arizona, Estados Unidos, 2002. p2
- Romero Rojas, (2000). Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Ruiz, R. B., Odio, R. C., & Carrión, M. I. H. (2012). Moringa oleifera: una opción saludable para el bienestar. *MEDISAN*, 16(10), 1596-1599. <http://scielo.sld.cu/pdf/san/v16n10/san141012.pdf>
- Suarez M, Entenza JM, Doerries C, Meyer E, Bourquin L, Sutherland J, Marison I, Moreillon P, Mermod N. Expression of a plant-derived peptide harboring water-cleaning and antimicrobial activities. *Biotechnol Bioeng*. 2003 Jan 5;81(1):13-20. doi: 10.1002/bit.10550. PMID: 12432576.
- TULSMA. (2015). NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA. En LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA (pág. ANEXO 1).
- WHO., 2006, Guidelines for Drinking-water Quality, 1st Addendum to the 3rd edition, Volume 1: Recommendations, World Health Organization, Geneva, Switzerland.

Anexos

Anexo I. Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce del Acuerdo Ministerial 097-A.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sust. solubles en hexano	mg/l	30,0
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro Total	B	mg/l	2,0
Cadmino	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1

Cloruros	Cl	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2000
Color real ¹	Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución:
			1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ^{VI}	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50,0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,1

Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/l	1000
Sulfuros	S ²⁻	mg/l	0,5
Temperatura	°C		Condición natural ± 3
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0

¹ La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida

Anexo 2. Tabla de criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego.

TABLA 3: CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA RIEGO AGRICOLA			
PARAMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y grasas	Película Visible		Ausencia
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico	As	mg/l	0,1
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cinc	Zn	mg/l	2,0
Cobalto	Co	mg/l	0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,2
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Cromo	Cr ⁺⁺⁺	mg/l	0,1
Flúor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Huevos de parásitos			Ausencia
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,001
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,5
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l	3
pH	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	5,0
Selenio	Se	mg/l	0,02
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	250
Vanadio	V	mg/l	0,1

Anexos 3. Técnicas Generales para la Conservación de la Muestra INEN – 2 169:98.

TABLA 1. Técnicas generales para la conservación de muestras - análisis físico-químico.

Parámetro	Tipo de recipiente V, vidrio; P, plástico; VB, vidrio borosilicatado	Volumen típico (ml) y técnica de envasado	Técnica de preservación	Tiempo máximo recomendado de preservación antes del análisis después de la conservación	Comentarios	Método de ensayo NTE INEN
Aceites y grasa	V lavado con solvente	1 000	Acidificar a pH 1 a 2 con HCl o H ₂ SO ₄	1 mes		
Acidez y alcalinidad	P o V	500 Llenar contenedor completamente para excluir el aire.	Se enfría a entre 1 °C y 5 °C.	24 h	14 días Las muestras preferiblemente deben ser analizadas en el lugar (en particular para las muestras con alto contenido de gases disueltos). Reducción y oxidación durante el almacenamiento puede cambiar la muestra	
Aluminio	P lavado con ácido V o VB lavados con ácido	100	Acidificar a entre pH 1 a 2 con HNO ₃	1 mes		
Amoníaco, libre e ionizado	P o V	500	Acidificar a entre pH 1 a 2 con H ₂ SO ₄ , enfriar a 1 °C y 5 °C.	21 días	Filtrar en el lugar antes de conservación	
	P	500	Congelar a -20 °C	1 mes		
Aniones (Br, F, Cl, NO ₂ , NO ₃ , PO ₄ , y SO ₄)	P o V	500	Se enfría entre 1 °C y 5 °C.	24 h	Filtrar en el lugar antes de conservación.	
	P	500	Congelar a -20 °C	1 mes		
Antimonio	P lavado con ácido V lavado con ácido	100	Acidificar entre pH 1 a 2 con HCl o HNO ₃ .	1 mes	HCl debe ser utilizado si la técnica de hidruro se utiliza para el análisis.	
Arsénico	P lavado con ácido V lavado con ácido	500	Se acidifica entre pH 1 a 2 con HCl o HNO ₃ .	1 mes	HCl debe ser utilizado si la técnica de hidruro se utiliza para el análisis.	980
pH	P o V Llenar contenedor completamente para excluir el aire.	100	Se enfría a entre 1 °C y 5 °C.	6 h	La prueba debe llevarse a cabo tan pronto como sea posible y, preferentemente, inmediatamente en el lugar después del muestreo.	973
Turbiedad	P o V	100	Se enfría a entre 1 °C y 5 °C. Mantener las muestras almacenadas en la oscuridad.	24 h	Preferiblemente llevar a cabo en el campo.	

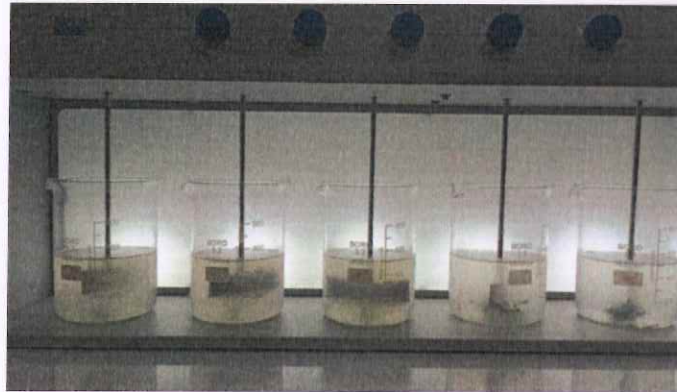
Anexo 4. Toma de muestras en el efluente de la planta de tratamiento de agua residual.



Anexo 5. Método de enjuagar el recipiente de las muestras previo a la obtención en el efluente de la planta de tratamiento de agua residual.



Anexo 5. Realización de la primera ronda de pruebas del coagulante en el test de jarras.



Anexo 6. Preparación de las muestras de aguas residuales antes de realizar la 2da repetición en el test de jarras.



Anexo 7. Elección de las dos muestras escogidas en la 2da repetición del test de jarras.



Anexo 8. Comparación de una muestra sin tratar y con que una tratada previamente filtrada para evidenciar la clarificación.



Anexo 9. Medición del pH.



Anexo 9. Resultados del análisis realizado por el laboratorio acreditado.



INFORME DE RESULTADOS
ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL

RA-LABPSI-23 2399

Para:	VINUEZA MARTINEZ ALEXIS JOSUE
Dirección de la empresa:	Matriz-RECREO 4TA ETAPA
Representante legal:	-
Solicitado por:	VINUEZA MARTINEZ ALEXIS JOSUE
Toma de muestra efectuada por:	CUENTE
Método de muestreo:	--
Sitio de muestreo:	Descarga PTAR
Posición geográfica:	Norte:--- Este:---
Fecha de muestreo:	28 de agosto del 2023
Hora de muestreo:	10:00:00
Tipo de muestra:	Residual Industrial
Código de la muestra:	2399
Fecha de recepción de la muestra:	28 de agosto del 2023
Analizado por:	Nidia Sánchez Yantiza Crespin,
Fecha de realización de ensayos:	28 de agosto al 4 de septiembre del 2023
Emisión del informe:	4 de septiembre del 2023

Tabla 1. Resultados del análisis físico-químico

Parámetros	Unidades	Resultados	U k=2 ±	**Limite máximo permisible	Método de análisis
Coliformes Totales	NMP/100ml	35000000	--	--	Método Fluorocult/ SM 23.2017 9221C-PEE/LAB-PSI-80
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	594	89,1	100	SM 5210 B, Ed.23 PEE/LAB-PSI/04
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	1098	108,8463	200	EPA 410.4 PEE/LAB-PSI/03
Sólidos Totales (ST)	mg/l	864	86,4	1600	SM 2540B, Ed.23 PEE/LAB-PSI/07
Potencial de Hidrógeno	U de pH	5,80	0,29	6-9	SM 4500 H+B, Ed.23 PEE/LAB-PSI/05
Turbidez	NTU	130,00	15,6	--	EPA 180.1 PEE/LABPSI/55

Los ensayos marcados con () no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE. (a) Fuera del rango de acreditación. U: Incertidumbre.

**Acuerdo Ministerial No. 097A Edición Especial Año II N. 387.4 de Noviembre del 2015. Tabla 9: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce



Ing. Katherine Flores Lucas
Coordinadora de Análisis y Desarrollo LAB-PSI Aguas-Suelos

Guayaquil, 4 de septiembre de 2023

Notas importantes:

1. Regla de decisión LAB-PSI, entrará declaración de conformidad, cuando el cliente expresamente lo solicite y para este caso LAB-PSI declara conformidad considerando el resultado más el límite de incertidumbre.
2. La información que esta subyugada fue proporcionada por el cliente.
3. Garantía de Confidencialidad y Confidencialidad de los resultados: LAB-PSI garantiza mantener absoluta confidencialidad de los resultados así como proporcionará el respaldo técnico al cliente. Los incertidumbres calculadas se encuentran a disposición del cliente.
4. Los análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este informe de resultados de manera exclusiva y confidencial.
5. El presente informe de resultados afecta únicamente a las muestras sometidas a ensayo.
6. El laboratorio no pondrá al alcance del público ninguna información del presente informe, sin autorización previa del cliente. Está prohibida la reproducción parcial o total de presente informe de resultados sin autorización escrita de PSI (CLTDA) y del cliente.
7. Descargo de Responsabilidad: LAB-PSI no asume responsabilidad por el contenido y veracidad de la información en caso de haber sido proporcionada en su totalidad por el cliente y que pudiera afectar a la validez de los resultados en este informe. LAB-PSI no se responsabiliza del contenido y veracidad de la información suministrada por el cliente durante la etapa de muestreo (punto de identificación) y los resultados aplicarán a la muestra proporcionada tal como fue recibida.

MCC2002-07

Hoja 1 de 1

ADMINISTRACIÓN Y CONSULTORÍA:
Km 1.5 vía a Barbabanda, Edificio Ibrisa Oficina 300

ADMINISTRACIÓN Y CONSULTORÍA:
5934-383493 / 3833491 / 3833492 / 593997095026 / 991265674

CORREO:
info@psi.com.ec

LABORATORIO:
Km 1.0 vía a Daule, Colocación Industrial Ibrisa s.a.s,
Calle Los Chufos, intersección con Tezaca, M2. 14 C. Número 57

LABORATORIO:
5934-2394800 / 2394802 / 21 03716 / 2103992
Celular: 993-99668823

WWW.PSICOM.ec

INFORME DE RESULTADOS
ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL

RA-LABPSI-23 2399

Para:	VINUEZA MARTINEZ ALEXIS JOSUE
Dirección de la empresa:	Matriz - RECREO 4TA ETAPA
Representante legal:	-
Solicitado por:	VINUEZA MARTINEZ ALEXIS JOSUE
Toma de muestra efectuada por:	CLIENTE
Método de muestreo:	--
Sitio de muestreo:	Descarga PTAR
Posición geográfica:	Norte:--- Este:---
Fecha de muestreo:	29 de agosto del 2023
Hora de muestreo:	10:00:00
Tipo de muestra:	Residual Industrial
Código de la muestra:	2399
Fecha de recepción de la muestra:	29 de agosto del 2023
Analizado por:	Nidia Sánchez, Yaritza Crespin,
Fecha de realización de ensayos:	29 de agosto al 5 de septiembre del 2023
Emisión del informe:	5 de septiembre del 2023

Tabla 1. Resultados del análisis físico-químico

Parámetros	Unidades	Resultados	U k=2 ±	**Límite máximo permisible	Método de análisis
Coliformes Totales	NMP/100ml	183500	--	--	Método Fluorocult/ SM 23.2017 9221C-PEE/LAB-PSI-80
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	165,03	24,75	100	SM 5210 B, Ed.23 PEE/LAB-PSI/04
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	330,06	75,019	200	EPA 410.4 PEE/LAB-PSI/03
Sólidos Totales (ST)	mg/l	358	35,08	1600	SM 2540B, Ed.23 PEE/LAB-PSI/07
Potencial de Hidrógeno	U de pH	6,02	0,93	6-9	SM 4500 H+B, Ed.23 PEE/LAB-PSI/05
Turbidez	NTU	3,81	12,05	-	EPA 180.1 PEE/LABPSI/55

Los ensayos marcados con () no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE. (a) Fuera del rango de acreditación. U: Incertidumbre.

**Acuerdo Ministerial No. 097A Edición Especial Año II N-387, 4 de Noviembre del 2015. Tabla 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce



FLORES LUCAS KATHERINE
KATHERINE ELIZABETH
FLORES LUCAS

Ing. Katherine Flores Lucas
Coordinadora de Análisis y Desarrollo LAB-PSI Aguas-Suelos

Guayaquil, 5 de septiembre de 2023

Notas importantes:

1. Regla de decisión: LAB-PSI emite declaración de conformidad, cuando el cliente expresamente lo solicite y para este caso, LAB-PSI declara conformidad considerando el resultado más el intervalo de incertidumbre.
2. La información que esta subrayada fue proporcionada por el cliente.
3. Garantía de Confidencialidad y Confidencialidad de los resultados: LAB-PSI garantiza mantener absoluta confidencialidad de los resultados así como proporcionará respaldo técnico al cliente. Las incertidumbres calculadas se encuentran a disposición del cliente.
4. Los análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este informe de resultados de manera exclusiva y confidencial.
5. El presente informe de resultados afecta únicamente a las muestras sometidas a ensayo.
6. El laboratorio no pondrá al alcance del público ninguna información del presente informe, sin autorización previa del cliente. Está prohibida la reproducción parcial o total de presente informe de resultados sin autorización escrita de PSICLTDA, y del cliente.
7. Descargo de Responsabilidad: LAB-PSI, no asume responsabilidad por el contenido y veracidad de la información en caso de haber sido proporcionada en su totalidad por el cliente y que pudiera afectar a la validez de los resultados en este informe. LAB-PSI no se responsabiliza del contenido y veracidad de la información suministrada por el cliente durante la etapa de muestreo (lugar, punto e identificación) y los resultados aplicarán a la muestra proporcionada tal como fue recibida.

MC2202.07

Hoja 1 de 1

ADMINISTRACIÓN Y CONSULTORÍA.
Km 1.5 vía a Samborondón, Edificio Xirna Oficina 320

LABORATORIO.
Km 10 vía a Daule, Lotización Industrial Inmacoasa,
Calle Lino Ciruelos, intersección con Tecas, Mt. 14 C Número 57

ADMINISTRACIÓN Y CONSULTORÍA.
593-4-3883400 / 3883491 / 3883492 / 593-997095008 / 991285674

LABORATORIO.
593-4-2394800 / 2394803 / 2103716 / 2103592
Celular: 993-993665823

CORREO:
info@psi.com.ec