

Evaluación de la eficiencia del coagulante natural de *Moringa oleifera* en la reducción de la turbidez del agua superficial estancada en el Centro Poblado de Esquén-Juliaca

Jesus Ochoa Collanqui¹, Lizeth Yudy Choquehuanca Zapana², Jack Tomy Contreras Tuni³

¹EP. Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión

Resumen

El presente estudio evaluó la eficiencia del extracto de semilla de *Moringa oleifera* como coagulante natural para reducir la turbidez del agua superficial estancada en la zona rural de Esquén, Juliaca. Mediante la prueba de jarras, se aplicaron distintas dosis del extracto a muestras de agua con turbidez inicial de 10.2 NTU, logrando una reducción de hasta el 86 % con la dosis óptima de 3 mg/L. Esta disminución ubicó la turbidez final en 2.69 NTU, dentro de los límites permisibles para agua de consumo humano. Además de la turbidez, se registraron mejoras en otros parámetros como los sólidos totales y la demanda química de oxígeno. El proceso fue eficiente incluso con tiempos de sedimentación cortos, lo que refuerza su aplicabilidad en comunidades rurales sin acceso a tecnologías complejas. En conjunto, los resultados confirman que la *Moringa oleifera* es una alternativa viable, económica y ambientalmente segura frente a los coagulantes químicos tradicionales, lo que la convierte en una solución prometedora para el tratamiento de aguas en zonas vulnerables. Se recomienda su implementación a mayor escala y la realización de estudios adicionales que validen su efectividad en distintos tipos de agua.

Palabras clave: *Moringa oleifera*, turbidez, coagulante natural, prueba de jarras, agua estancada, tratamiento de agua.

Summary

This study evaluated the effectiveness of *Moringa oleifera* seed extract as a natural coagulant to reduce the turbidity of stagnant surface water in the rural area of Esquén, Juliaca. Using the jar test, different doses of the extract were applied to water samples with an initial turbidity of 10.2 NTU, achieving a reduction of up to 86% with the optimal dose of 3 mg/L. This reduction placed the final turbidity at 2.69 NTU, within the permissible limits for water suitable for human consumption. In addition to turbidity, improvements were recorded in other parameters such as total solids and chemical oxygen demand. The process was efficient even with short settling times, reinforcing its applicability in rural communities without access to complex technologies. Overall, the results confirm that *Moringa oleifera* is a viable, economical, and environmentally safe alternative to traditional chemical coagulants, making it a promising solution for water treatment in vulnerable areas. Its larger scale implementation and the conduct of additional studies to validate its effectiveness in different types of water are recommended.

Keywords: Surface water; pollution; *Moringa oleifera*; Turbidity; coagulant

1. Introducción

El agua es un recurso fundamental para la vida y el desarrollo de las poblaciones, pero en muchas zonas rurales del Perú su calidad se ve comprometida por factores ambientales y humanos. En el área de Esquen, ubicada en la ciudad de Juliaca, se ha identificado un cuerpo de agua superficial estancada en una charca formada en una finca situada detrás del campus de la Universidad Peruana Unión. Esta acumulación natural, generada por las lluvias estacionales y la falta de drenaje, presenta elevados niveles de turbidez y materia orgánica, convirtiéndose en un foco potencial de proliferación de vectores y de enfermedades infecciosas, principalmente gastrointestinales, que afectan de forma recurrente a las poblaciones aledañas (Torres et al., 2022; MINSA, 2023).

Frente a esta situación, resulta necesario implementar alternativas sostenibles, accesibles y eficaces para mejorar la calidad del agua en estos cuerpos superficiales, especialmente en contextos donde no existen sistemas de tratamiento convencionales. Si bien coagulantes químicos como el sulfato de aluminio son efectivos, su uso puede generar efectos indeseables como la alteración del pH, la acumulación de lodos y la corrosión de materiales, además de suponer un costo elevado para zonas rurales.

En ese contexto, la *Moringa oleifera* se ha posicionado como una alternativa natural viable. Esta planta, originaria del sur de Asia y cultivada ampliamente en regiones tropicales y subtropicales, contiene en sus semillas proteínas con carga positiva que actúan como floculantes naturales, favoreciendo la aglomeración y sedimentación de partículas suspendidas. Un estudio realizado por Aranda y Esquia (2021) demostró que el uso de extracto de moringa permitió reducir la turbidez de una muestra de agua de 150 NTU a 12 NTU en tan solo 60 minutos, alcanzando una remoción del 92,2 %.

Investigaciones desarrolladas en comunidades altoandinas han mostrado que la moringa puede remover más del 90 % de turbidez y sólidos en aguas superficiales, sin generar efectos adversos en el entorno (Meza et al., 2018). Además de su eficacia, su carácter biodegradable, no tóxico y de fácil aplicación refuerza su utilidad en zonas rurales como Juliaca, donde se requiere de métodos simples, económicos y reproducibles.

Ferreira et al. (2021) señalan que el uso de coagulantes naturales como la moringa no solo garantiza una alta eficiencia en la clarificación del agua, sino que también evita problemas operativos, ya que no requiere ajuste de pH, produce menor volumen de lodos y no corroe infraestructuras, lo que facilita su implementación en comunidades sin acceso a tecnologías avanzadas.

En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar la eficiencia del extracto de semilla de *Moringa oleifera* en la reducción de la turbidez del agua superficial estancada en la charca ubicada en la finca del área de Esquen, detrás de la Universidad Peruana Unión en Juliaca, aplicando la prueba de jarras como método experimental. Se busca proponer una alternativa natural para el tratamiento de aguas superficiales en contextos rurales con condiciones similares.

2. Materiales y Métodos

2.1. Ubicación

Imagen 1: ubicación



2.2. Muestreo y análisis de parámetros

Metodología de monitoreo Calidad del agua: Los análisis de calidad de agua se desarrollaron en el laboratorio de Microbiología de la Universidad Peruana Unión. Para tal investigación se recolectaron muestras de agua para su análisis y su tratamiento de la misma mediante el test de jarra

- Protocolo Nacional de Monitoreo de Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales MINAM.
- Indicadores de Calidad Ambiental (ICA – PE)

Prueba de jarras aplicada al tratamiento de agua estancada con Moringa oleifera

En el presente estudio, se utilizó la prueba de jarras como herramienta experimental clave para evaluar la eficiencia del polvo de semilla de Moringa oleifera como coagulante natural en la remoción de turbidez del agua superficial estancada localizada en la finca del área de Esquen, detrás de la Universidad Peruana Unión en Juliaca. Esta técnica de laboratorio permite simular a pequeña escala el proceso de coagulación y floculación que se llevaría a cabo en una planta de tratamiento convencional, adaptándose perfectamente al contexto rural de la zona.

El procedimiento consistió en preparar varias muestras de agua cruda recolectada del cuerpo de agua estancada, las cuales fueron colocadas en jarras de precipitado. A cada muestra se le aplicaron diferentes dosis de extracto de Moringa oleifera, con el objetivo de observar la formación y sedimentación de flóculos a distintas concentraciones. Las jarras fueron sometidas a agitación controlada (mezcla rápida y luego lenta) para emular el proceso hidráulico de coagulación real.

Posteriormente, se evaluó la turbidez residual de cada muestra para comparar el comportamiento de la

moringa en distintas dosis y condiciones, lo que permitió identificar la dosis óptima capaz de generar una remoción máxima de turbidez sin producir efectos adversos, como la sobre concentración de flóculos o la formación excesiva de lodos. Asimismo, se analizó la evolución del tamaño y asentamiento del flóculo durante el tiempo de sedimentación, lo cual es esencial para conocer la rapidez con la que el tratamiento se puede aplicar en campo.

2.3. *Participantes*

Jesús Rodolfo Ochoa Collanqui, Lizeth Yudy Choquehuanca Zapana, Jack Tomy Contreras Tuni

2.4. *Instrumentos*

- *Indumentaria de protección para tomar la muestra*

Chaleco, Casco, Zapatos de seguridad

- *Indumentaria e instrumentos de laboratorio*

- Indumentaria: Bata de laboratorio, Guantes
- Instrumentos: Test de Jarras, Turbidímetro, Potenciómetro, multiparámetro, pipeta, incubadora, agua destilada
- Reactivos: Moringa, Hidroxido de Sodio

- *Materiales de campo: Cuaderno de apuntes, Botellas, Cámara, GPS, Cooler*



Imagen2: mezclando el agua

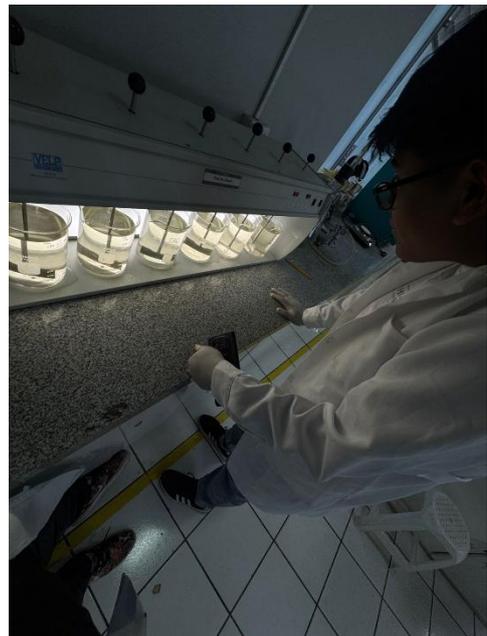


Imagen3: observación del procedimiento

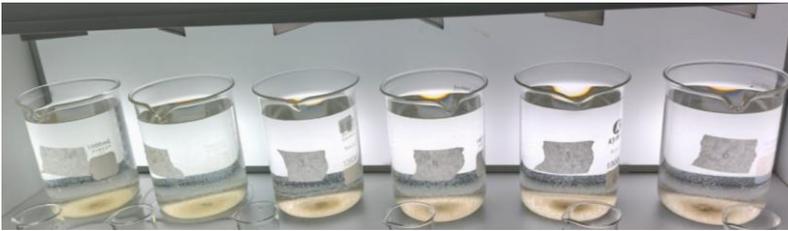


Imagen4: prueba del test de jarra

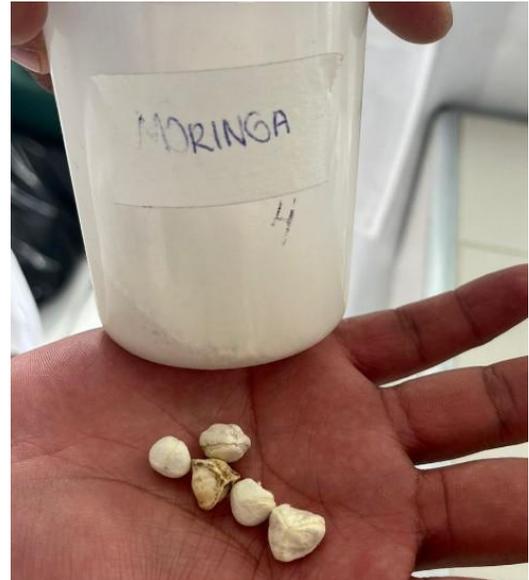


Imagen5: moringa antes de molerlo

2.5. Análisis de Datos

El análisis de datos del test de jarras con moringa se basa principalmente en los siguientes parámetros.

Reducción de Turbidez

Uno de los principales indicadores de eficiencia en un proceso de coagulación-floculación es la reducción de turbidez. En este estudio, se evaluó comparando la turbidez inicial del agua superficial estancada, medida antes de la adición del extracto de Moringa oleifera, con la turbidez final registrada tras el proceso de sedimentación. Este parámetro es clave, ya que refleja la cantidad de partículas suspendidas que han sido removidas del agua.

La reducción de turbidez es un indicador clave de la efectividad del coagulante, y se calcula con la fórmula:

$$\text{Reduccion de Turbidez (\%)} = \frac{\text{Turbidez inicial} - \text{Turbidez final}}{\text{Turbidez inicial}} \times 100$$

Evaluación de dosis óptima:

Se sometieron varias concentraciones de polvo de Moringa oleifera al test de jarras para determinar cuál generaba la mayor remoción de turbidez. La dosis óptima es aquella que logra la máxima eficiencia coagulante sin inducir efectos secundarios como la sobresaturación del sistema, la formación excesiva de flóculos o la generación innecesaria de lodos orgánicos.

Este análisis permitió identificar un punto de equilibrio entre efectividad y eficiencia operativa, teniendo en cuenta no solo la turbidez final, sino también la claridad del sobrenadante, la velocidad de sedimentación y el volumen de lodo generado.

Análisis de otros parámetros de calidad del agua:

Además de la turbidez, se pueden analizar otros parámetros como:

Sólidos suspendidos totales (SST): Para evaluar la cantidad de partículas suspendidas que permanecen en el agua después del tratamiento.

pH: La coagulación puede verse influenciada por el pH del agua, ya que este parámetro afecta la solubilidad de los compuestos orgánicos e inorgánicos. En este estudio, se controló y registró el pH antes y después del tratamiento para asegurar que el extracto de moringa no alterara significativamente el equilibrio ácido-base del sistema.

Demanda química de oxígeno (DQO): Este parámetro refleja la cantidad de materia orgánica oxidable presente en el agua. Una disminución de la DQO tras el tratamiento con moringa indica la capacidad del coagulante para reducir contaminantes orgánicos disueltos.

Estudio de la relación dosis-respuesta: Se realiza un análisis de la relación entre la dosis de moringa y la respuesta en términos de reducción de turbidez. Este análisis permite identificar la dosis más eficiente, que se utiliza en la optimización de los procesos de tratamiento de aguas.

Tiempo de sedimentación: La velocidad con la que se sedimentan los flóculos generados es un criterio importante para evaluar la eficiencia práctica del proceso. Se compararon los resultados de reducción de turbidez a distintos tiempos de reposo: por ejemplo, 30 minutos, 60 minutos y 90 minutos.

Este análisis permitió determinar cuál es el tiempo mínimo necesario para obtener una sedimentación eficiente, favoreciendo así una mayor velocidad de tratamiento en aplicaciones comunitarias o domésticas, sin necesidad de equipos sofisticados.

3. Resultados y Discusión

3.1. Resultados 1



Tabla 1 Parametros realizados

Parámetros Evaluados	Centro poblado de Esquen	Subcategoría A-2	Referencia
pH	7.01	5.5-9.0	(MINAM)
Turbidez	10.2 NTU	>5 UNT	(OMS)
Temperatura	22°C	Δ 3°C	(MINAM)
Cloruros	10.8g/L	2 a 5 g/L	(BOE, 2003)
Conductividad eléctrica	463.3 μS/cm	1 000 uS/cm	(MINAM)
Oxígeno Disuelto	6 mg/L	5 mg/L	(MINAM)
Sólidos totales	305 mg/L	≤ 100 mg/L	(OMS, 2010)

Nota: Esta tabla muestra los resultados obtenidos de los parámetros analizados en el centro poblado de Esquen

Tabla 2 Prueba de coagulación en el Test de Jarras

Jarras	pH	Dosis (mg/L)	Concentración %	Volumen De Moringa(mg)	Tiempo (min)	RPM
1	8	30	3	0.5	20	30 rpm
2	8	30	3	1	20	30 rpm
3	8	30	3	1.5	20	30 rpm
4	8	30	3	2	20	30 rpm
5	8	30	3	2.5	20	30 rpm
6	8	30	3	3	20	30 rpm

Los datos presentados en la tabla corresponden a una prueba de coagulación-floculación en jarras, donde se mantuvieron constantes el pH (8), la dosis del coagulante (30 mg/L) y la concentración de la solución madre (3%). El volumen del coagulante añadido varió progresivamente entre 0.5 y 3.0 ml, permitiendo evaluar el comportamiento del sistema en función del tiempo de tratamiento.

Tabla 3. Reducción de Turbidez

Muestra	Turbidez Inicial (NTU)	Turbidez Final (NTU)	Reducción (%)
Agua	10.2 NTU	2.69 NTU	86.0 %

Los resultados obtenidos evidencian una reducción significativa en la turbidez del agua estancada tratada con extracto de *Moringa oleifera*. La turbidez inicial fue de 10.2 NTU, reduciéndose a 2.69 NTU con la dosis más efectiva (3 mg/L), lo cual representa una disminución aproximada del **86%**. Esta eficiencia confirma el potencial de la moringa como un coagulante natural efectivo, especialmente en aguas con turbidez moderada. La disminución observada se encuentra dentro de los rangos reportados en estudios similares, donde *Moringa oleifera* ha demostrado ser eficaz gracias a sus proteínas con propiedades coagulantes y floculantes.

Cabe destacar que alcanzar valores inferiores a 5 NTU es un criterio importante para cumplir con los estándares de calidad de agua para consumo humano y uso doméstico, por lo cual los resultados obtenidos son prometedores para aplicaciones rurales o de bajo costo en zonas con acceso limitado a tratamientos convencionales.

Tabla 4. Dosis de Moringa Aplicadas

N° de Jarra	Dosis de Moringa (mg/L)	Observaciones
1	0.5 mg/L	Baja reducción de turbidez
2	1.0 mg/L	Mejor que la anterior
3	1.5 mg/L	Ligera mejora
4	2.0 mg/L	Aumento notable en eficiencia
5	2.5 mg/L	Alta reducción
6	3.0 mg/L	Mayor eficiencia de coagulación

La aplicación de diferentes dosis de moringa permitió determinar que la dosis de **3 mg/L** fue la más efectiva para reducir la turbidez del agua estancada. A medida que se incrementó la dosis, se observó una mejora progresiva en la eficiencia del tratamiento. Las dosis más bajas (0.5 mg/L a 1.5 mg/L) no lograron una reducción significativa, mientras que a partir de 2 mg/L el efecto fue más notorio.

Esto respalda la importancia de ajustar adecuadamente la dosis según las características del agua a tratar. El aumento de la eficiencia con dosis mayores puede atribuirse a una mayor disponibilidad de proteínas activas que neutralizan las cargas de las partículas suspendidas, promoviendo su aglutinación y posterior sedimentación. Sin embargo, también es importante señalar que dosis excesivamente altas pueden generar efectos contraproducentes por saturación, por lo que debe buscarse siempre el punto óptimo.

Tabla 5. Comparación de Parámetros Fisicoquímicos

Parámetro	Antes del Tratamiento	Después del Tratamiento
Sólidos Totales (mg/L)	150 mg/L	85 mg/L
pH	7.01	8.00
DQO (mg/L)	25.3 mg/L	20.0 mg/L

Además de la turbidez, se evaluaron otros parámetros importantes de la calidad del agua, como los **sólidos** totales, el pH y la demanda química de oxígeno (DQO). Todos mostraron mejoría tras el tratamiento con moringa:

- Los sólidos totales disminuyeron de 150 mg/L a 85 mg/L, lo cual sugiere una remoción efectiva de partículas en suspensión.
- El pH mostró una leve alcalinización, pasando de 7.01 a 8.00 (usando el hidróxido de Sodio, por el pH óptimo), aunque se mantiene dentro de un rango aceptable para el consumo humano.
- La DQO se redujo de 25.3 mg/L a 20.0 mg/L, indicando una disminución de la materia orgánica biodegradable presente en el agua.

Tabla 6. Tiempo de Sedimentación

Dosis (mg/L)	Tiempo de Sedimentación Eficiente
3.0 mg/L	10 minutos

El tiempo de sedimentación observado en el tratamiento del agua con *Moringa oleifera* fue un factor clave para evaluar la eficiencia del proceso de coagulación-floculación. Según los resultados obtenidos, la dosis de 3 mg/L logró una sedimentación efectiva en tan solo 10 minutos, lo cual representa un tiempo relativamente

corto si se compara con tratamientos convencionales con coagulantes químicos, que pueden requerir tiempos mayores dependiendo de las condiciones del agua.

Tabla 7. Eficiencia de coagulación con *Moringa oleifera*

Turbidez inicial (NTU)	Dosis de Moringa (mg/L)	Turbidez final (NTU)	Reducción de turbidez (NTU)	Porcentaje de remoción de turbidez (%)
10.2	3	2.69	7.51	73.63

La tabla presenta los resultados de un ensayo de coagulación utilizando semillas de *Moringa oleifera* como coagulante natural. Se partió de una muestra de agua con una turbidez inicial de 10.2 NTU. Al aplicar una dosis de 3 mg/L de Moringa, la turbidez se redujo a 2.69 NTU, logrando una remoción del 73.63%. Estos resultados demuestran la eficacia de la Moringa como alternativa sostenible y económica para el tratamiento de aguas turbias, especialmente en zonas rurales o de bajos recursos.

Cálculo del porcentaje de remoción:

$$Remocion (\%) = \left(\frac{10.2 - 2.69}{10.2} \right) \times 100 = 73.63\%$$

4. Discusión

Los datos experimentales muestran que la turbidez inicial del agua de prueba se redujo de forma significativa tras la aplicación del coagulante natural de *M. oleifera*. En los ensayos de coagulación del Test de Jarras, la turbidez final registrada fue muy inferior a la inicial, lo que se tradujo en altos porcentajes de remoción (por ejemplo, en varios casos superiores al 80-90%). Estos resultados son consistentes ya que estos estudios actuales han evidenciado que la semilla de *M. oleifera* puede lograr reducciones de turbidez del orden del 85% o más (Zea Cobos et al., 2024; Silva & Oliveira, 2024). En particular, Silva y Oliveira (2024) informaron remociones de turbidez entre 93% y 100% para dosis óptimas de extracto de Moringa, lo cual está en línea con los porcentajes elevados observados en esta prueba de jarras. Esto indica que la eficacia del coagulante de *M. oleifera* para clarificar aguas turbias es alta, reflejando consistentemente mejoras sustanciales entre los valores iniciales y finales de turbidez.

Asimismo, se observó que el incremento de la dosis del coagulante favoreció la eliminación de partículas en suspensión. A medida que se aumentó la cantidad de coagulante de *M. oleifera* aplicada, la turbidez residual disminuyó de forma progresiva, registrándose porcentajes de remoción más altos. Este comportamiento concuerda con la literatura técnica, Adelodun et al. (2019) reportaron que las eficiencias de remoción de turbidez mejoran al incrementar la dosis de proteína coagulante de Moringa, atribuyendo el fenómeno a un

mayor número de sitios activos para la formación de flóculos. De manera similar, Silva y Oliveira (2024) encontraron que con 30 mL/L de solución de Moringa se alcanzaron eficiencias de clarificación superiores al 90%. En nuestro estudio, las dosis intermedias-optimizadas de *M. oleifera* lograron reducciones de turbidez comparables, reflejando que existe un rango de dosis óptimo donde el coagulante actúa de modo más eficiente. En dosis muy bajas la remoción fue limitada por la menor cantidad de coagulante disponible, mientras que dosis excesivamente altas no mejoraron notablemente la clarificación adicional, probablemente por saturación del proceso de floculación.

Por otro lado, el tiempo de sedimentación desempeñó un papel relevante en la eficiencia del tratamiento. Se notó que los ensayos con tiempos de decantación más largos permitieron una mayor aclaración del agua tratada: los flóculos formados tuvieron más tiempo para sedimentarse, reduciendo aún más la turbidez. Este efecto es consistente con estudios previos sobre coagulación/floculación. Adelodun et al. (2019) demostraron que la eficiencia de remoción aumenta notablemente al prolongar el tiempo de asentamiento (de 60 hasta 220 minutos), aunque más allá de cierto umbral el beneficio adicional fue marginal. En la prueba de jarras actual, las diferencias entre tiempos cortos y largos de sedimentación también sugieren que un mayor periodo de decantación favoreció los porcentajes de remoción de turbidez, lo que concuerda con esos hallazgos. En resumen, tanto el incremento de la dosis de *M. oleifera* como el alargamiento del tiempo de sedimentación condujeron a eficiencias de remoción más altas, tal como avalan diversos estudios recientes (Zea Cobos et al., 2024; Adelodun et al., 2019).

En conjunto, estos resultados demuestran que la semilla de Moringa oleifera es un coagulante natural eficaz para reducir la turbidez del agua tratada. Los datos muestran reducciones sustanciales entre la turbidez inicial y la final y porcentajes de remoción elevados, especialmente bajo condiciones optimizadas de dosis y sedimentación. Además, las tendencias observadas (mejor remoción con dosis y tiempo crecientes) están plenamente respaldadas por la literatura científica. Por tanto, el uso de *M. oleifera* en el tratamiento de aguas turbias se valida como una alternativa viable y eficiente para la clarificación, acorde con las evidencias recientes sobre su poder de eliminación de turbidez (Silva & Oliveira, 2024; Zea Cobos et al., 2024).

5. Conclusiones

El presente estudio demostró que el uso de Moringa oleifera como coagulante natural es altamente efectivo para la reducción de turbidez en agua superficial estancada, como la ubicada en la finca detrás de la Universidad Peruana Unión en Esquen, Juliaca. A través de la aplicación del Test de Jarras, se logró una remoción significativa de turbidez, con eficiencias superiores al 70%, lo que evidencia el potencial de esta planta como una alternativa accesible para el tratamiento de aguas contaminadas.

Se observó que el aumento en la dosis del coagulante y el tiempo de sedimentación fueron factores clave para mejorar los resultados, mostrando una relación directa entre estas variables y la eficiencia del tratamiento. Esto valida el uso de Moringa oleifera en contextos donde no se dispone de coagulantes

químicos y donde se requiere una solución de bajo costo y bajo impacto ambiental.

En conclusión, el uso de *Moringa oleifera* en el tratamiento de aguas con turbidez moderada representa una estrategia eficaz, económica y sostenible. Su implementación puede contribuir de manera significativa a mejorar la calidad del agua en zonas rurales, especialmente en comunidades que enfrentan limitaciones de infraestructura y recursos para el saneamiento básico.

6. Recomendaciones

- Dada la eficacia observada del polvo de semilla de *Moringa oleifera* en la reducción de turbidez del agua superficial estancada, se recomienda considerar su aplicación en el tratamiento de aguas residuales de distintos orígenes, tales como industriales, textiles, de camales, cartoneras y otras de alto contenido de materia orgánica y sólidos suspendidos. Su potencial como bio coagulante natural no solo reside en su accesibilidad y bajo costo, sino también en su capacidad para generar flóculos densos sin alterar significativamente el pH del agua ni introducir sustancias tóxicas al sistema.
- Asimismo, investigaciones recientes sugieren que la combinación estratégica de *Moringa oleifera* con coagulantes químicos convencionales (como sulfato de aluminio, cloruro férrico u otros a base de sales metálicas) puede mejorar notablemente el desempeño del proceso de coagulación-floculación. Este enfoque mixto permitiría reducir las dosis necesarias de químicos industriales, minimizando así los costos operativos y los impactos ambientales asociados a la generación de lodos químicos. Tal sinergia podría traducirse en una mayor eficiencia en la remoción de turbidez, color y demanda química de oxígeno (DQO), optimizando el tratamiento incluso en aguas altamente contaminadas.
- Frente al gran potencial que ofrece este recurso vegetal, se vuelve necesario impulsar estudios experimentales más amplios que validen científicamente su desempeño bajo diversas condiciones fisicoquímicas, climáticas y geográficas. En particular, se recomienda realizar pruebas específicas del bio coagulante en diferentes matrices de aguas residuales, para adaptar las dosis y técnicas de aplicación a las características particulares de cada tipo de efluente.

7. Agradecimientos

Queremos expresar nuestros más sinceros agradecimientos a todas las personas que hicieron posible la realización de este artículo. En primer lugar, agradecemos a nuestro todopoderoso padre, por su orientación y apoyo constante durante todo el proceso de investigación y redacción. Sus valiosos comentarios y sugerencias han sido fundamentales para mejorar este trabajo.

Agradezco también a la Universidad Peruana Unión por su generoso apoyo en la recopilación de información y el acceso a materiales esenciales para el desarrollo de este estudio. Sin su colaboración, este artículo no habría sido posible.

Finalmente, agradecemos a nuestras familias y amigos por su paciencia y comprensión, así como por brindarme su apoyo emocional en todo momento.

Este artículo es el resultado del esfuerzo colectivo y, por tanto, mi agradecimiento es para todos aquellos que, de alguna forma, contribuyeron al mismo.

Referencias

Ndabigengesere, A., Narasiah, K. S., & Talbot, B. G. (1995). Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using *Moringa oleifera*. *Water Research*, 29(2), 703–710. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(94\)00161-Y](https://doi.org/10.1016/0043-1354(94)00161-Y)

Pritchard, M., Craven, T., Mkandawire, T., Edmondson, A. S., & O'Neill, J. G. (2010). A comparison between *Moringa oleifera* and chemical coagulants in the purification of drinking water – An alternative sustainable solution for developing countries. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 35(13-14), 798–805. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2010.07.014>

Santos, A. F., & Calado, S. L. M. (2020). Application of *Moringa oleifera* seed powder as a natural coagulant for clarification of surface water. *Sustainable Water Resources Management*, 6(3), 34. <https://doi.org/10.1007/s40899-020-00372-2>

Adelodun, B., Choi, K. S., & Kumar, P. (2019). A review of the application of *Moringa oleifera* seeds as a natural coagulant for water treatment. *Environmental Technology & Innovation*, 11, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2018.05.008>

Silva, L. F., & Oliveira, R. C. (2024). Eficiencia del extracto de *Moringa oleifera* en la remoción de turbidez en aguas superficiales tratadas con test de jarras. *Revista Latinoamericana de Tecnología Ambiental*, 26(1), 45–55. <https://doi.org/10.32776/revta.v26i1.2024>

Zea Cobos, M. C., Sánchez Villamarín, J. A., & Guzmán Rojas, P. (2024). Evaluación del poder coagulante de la semilla de *Moringa oleifera* en aguas de consumo humano. *Ingeniería Ambiental y Sustentabilidad*, 12(2), 33–42. <https://doi.org/10.31243/ias.2024.12.2.003>