

**EFFECTO DEL BIOCOAGULANTE A BASE DE MORINGA OLEÍFERA EN LA
REMOCIÓN DE TURBIDEZ DEL RÍO CAPLINA, TACNA 2025**
**EFFECT OF MORINGA OLEIFERA-BASED BIOCOAGULANT ON TURBIDITY
REMOVAL IN THE CAPLINA RIVER, TACNA 2025**

Autores: ¹Hilary del Carmen Florez Encinas.

¹ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-9884-4886>

¹E-mail de contacto: hdcfloreze@unjbg.edu.pe

Afiliación: ¹Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, (Perú).

Artículo recibido: 31 de junio del 2025

Artículo revisado: 1 de julio del 2025

Artículo aprobado: 12 de julio del 2025

¹Estudiante de la carrera profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, (Perú).

Resumen

La calidad del agua potable destinada al consumo humano es un aspecto fundamental para la salud pública, debido a que puede contener microorganismos y partículas que representan un riesgo para la salud. En los tratamientos convencionales de agua, se utilizan productos químicos que, aunque efectivos, pueden generar impactos negativos en el ambiente y en la salud humana. En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar el uso de semillas de Moringa oleífera como coagulante orgánico, como una alternativa sostenible para el tratamiento del agua destinada al consumo humano en la ciudad de Tacna. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo y experimental, realizando pruebas en laboratorio con muestras recolectadas del río Caplina. Se aplicó un tratamiento con extracto de semillas de Moringa oleífera a las muestras de agua, y se midieron parámetros fisicoquímicos como pH, conductividad eléctrica y turbidez, tanto antes como después de la aplicación del coagulante natural. Los resultados evidenciaron una reducción significativa en los niveles de turbidez, mostrando diferencias notables en comparación con las muestras sin tratamiento. Esta disminución ubicó los valores dentro de los parámetros establecidos para agua apta para el consumo humano. Se concluye que el uso de Moringa oleífera representa una alternativa eficaz, accesible y ambientalmente amigable para la mejora de la calidad del agua, contribuyendo así a la protección de la salud y del entorno natural.

Palabras clave: Moringa Oleífera, Tratamiento de aguas, Coagulante, Calidad de agua, Turbidez.

Abstract

The quality of drinking water for human consumption is a crucial factor for public health, as it may contain microorganisms and suspended particles that pose risks to human well-being. Conventional water treatment methods often rely on chemical agents that, despite being effective, can have negative effects on both health and the environment. This study aims to evaluate the use of Moringa oleifera seeds as an organic coagulant, offering a sustainable alternative for the pretreatment of drinking water in the city of Tacna. The research was conducted using a qualitative and experimental approach, with laboratory testing carried out on water samples collected from the Caplina River. These samples were treated with an extract from Moringa oleifera seeds, and physicochemical parameters such as pH, electrical conductivity, and turbidity were measured before and after treatment. The results showed a significant reduction in turbidity levels, with treated samples meeting acceptable standards for human consumption. It is concluded that Moringa oleifera is an effective, accessible, and environmentally friendly alternative for improving water quality, contributing to both public health protection and environmental sustainability.

Keywords: Moringa Oleifera, Water treatment, Coagulant, Water quality, Turbidity.

Sumário

A qualidade da água potável destinada ao consumo humano é um fator essencial para a saúde pública, pois pode conter microrganismos e partículas em suspensão que representam riscos à saúde. Os métodos convencionais de tratamento de água utilizam agentes químicos que, embora eficazes, podem causar impactos negativos à saúde e ao meio ambiente. Este estudo tem como objetivo avaliar o uso de sementes de *Moringa oleifera* como coagulante orgânico, apresentando uma alternativa sustentável para o pré-tratamento da água potável na cidade de Tacna. A pesquisa foi realizada com abordagem qualitativa e experimental, utilizando amostras de água coletadas do Rio Caplina e tratadas com extrato de sementes de *Moringa oleifera*. Foram medidos parâmetros físico-químicos como pH, condutividade elétrica e turbidez, antes e após a aplicação do coagulante. Os resultados demonstraram uma redução significativa nos níveis de turbidez, com os valores tratados atendendo aos padrões estabelecidos para o consumo humano. Conclui-se que a *Moringa oleifera* representa uma alternativa eficaz, acessível e ambientalmente adequada para a melhoria da qualidade da água, contribuindo para a proteção da saúde pública e para a sustentabilidade ambiental.

Palavras-chave: Moringa Oleífera, Tratamento de águas, Coagulante, Qualidade da água, Turbidez.

Introducción

Hoy en día, el agua potable dada para el consumo humano de la población generalmente viene principalmente de fuentes superficiales y subterráneas, las cuales suelen contener en muchas ocasiones partículas suspendidas y

disueltas, llamadas como coloides, las cuales deben ser removidas para decir que esa agua es agua potable, puesto que poseen diversas características como la turbidez, olor, sabor y color, que en varias ocasiones llegan a afectar la salud de los consumidores (Moreno y Sagñay, 2024). La coagulación es una etapa muy importante en el proceso del tratamiento de aguas residuales, por ello el uso de coagulantes necesarios por lo general provienen de distintos componentes químicos (Quintero, 2022). Estos contienen agentes químicos que generan posteriores afecciones en la salud de los ciudadanos y en nuestro ecosistema. Uno de los coagulantes naturales más conocidos se puede obtener a partir de semillas de *Moringa oleífera*, está remueve los coloides de aguas crudas y contaminadas; la efectividad del uso de este biocoagulante natural es muy conocido en regiones rurales de India y África al ser una alternativa ante el sulfato de aluminio, comúnmente usado para el tratamiento del agua (Avazpour y Noshadi, 2024).

El principio activo de estas semillas para la floculación son las proteínas catiónicas diméricas, las cuales son responsables de la formación de flóculos. (Castellanos et al., 2020). La aplicación de semillas de *Moringa oleífera* como floculante puede ser útil en el tratamiento primario del agua para consumo humano al remover la carga coloidal, la cual se mide a través de la turbidez, el color y otros parámetros tanto físico-químicos como microbiológicos en poblaciones que carecen de un sistema de tratamiento de agua potable o planta de tratamiento de agua potable (PTAP) (Dirección Regional de Salud Tacna [DIRESA], 2010). La finalidad de este proyecto es poder utilizar los extractos de semillas de *Moringa oleífera* mediante concentraciones estandarizadas para la floculación y coagulación, con el fin de confirmar la

efectividad del tratamiento para ser usado en la purificación no convencional de agua cruda.

Materiales y Métodos

La zona de muestreo escogida fue en la Avenida Bolognesi, donde se encuentra el canal del río Caplina, más arriba de la plaza de la Locomotora.

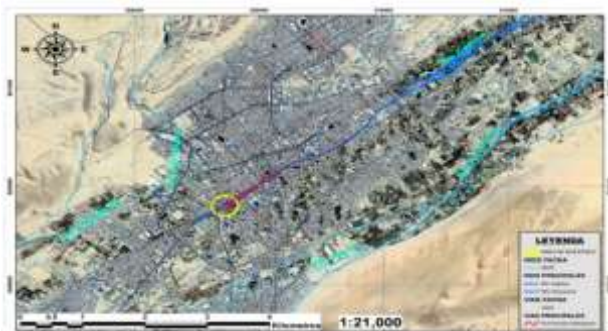


Figura 1: Ubicación de la toma de muestra de agua contaminada del río Caplina

En este proyecto se va a presentar un tipo de metodología cualitativa y experimental, será cualitativa, puesto que, se explicará y se especificará las características y los beneficios de un coagulante orgánico a base de semillas de moringa; finalmente será experimental ya que es realizaran varias etapas del método científico. El equipo de laboratorio necesario para este experimento incluye una balanza analítica digital y un turbidímetro, fundamentales para realizar mediciones precisas. Los materiales de laboratorio que se emplean son papel filtro, un matraz de 500ml, vasos precipitados de 500ml y 80ml, un mortero de porcelana, un embudo y una bureta. Los reactivos utilizados en el proceso incluyen semillas de *Moringa oleifera*, agua destilada, NaCl en una cantidad de 29.22 gramos y alcohol etílico al 96%. Estos equipos, materiales y reactivos son esenciales para realizar diferentes procedimientos, como la filtración, medición de turbidez y preparación de soluciones en el laboratorio. Para obtener el biocoagulante a base de semillas de moringa, se requiere de 4

pasos o de 4 procedimientos, los cuales se dividen en la tritución de las semillas de moringa, la extracción del aceite de las semillas de moringa, la extracción del componente en solución salina y finalmente la obtención del biocoagulante.

Procedimiento N°1: Trituración de las semillas de moringa.

Se procedió a retirar manualmente las cáscaras de las semillas de moringa y se dejaron secar al aire libre durante 24 horas. Luego, con ayuda de un mortero de porcelana, se pulverizaron todas las semillas previamente secadas a temperatura ambiente.

Procedimiento N°2: Extracción del aceite de las semillas de moringa.

Para la extracción del aceite de las semillas de moringa Se aplicó el método de lixiviación utilizando etanol al 96% como solvente. Para ello, se pesaron 80 gramos de semillas de moringa trituradas en una balanza analítica y se midieron 300 mL de alcohol etílico al 96% químicamente puro en un vaso precipitado de 500 mL. Ambas muestras se colocaron en un matraz de 500 mL de capacidad y se homogeneizaron en un agitador magnético durante 40 minutos. Posteriormente, se dejó reposar la mezcla durante 24 horas. Finalizado el reposo, se realizó el proceso de filtrado utilizando papel filtro. Una vez separado el aceite, se retiraron los residuos adheridos al papel filtro y se conformó una torta residual. Dicha torta se dejó secar a temperatura ambiente durante un día, hasta que el etanol se volatilizara completamente, obteniéndose así las semillas desgrasadas.

Procedimiento N°3: Elaboración de una solución salina.

Este procedimiento se llevó a cabo debido a que la solución salina actúa como componente de

activación que mejora la solubilidad del coagulante en el agua turbia (Abdul et al., 2016). Se prepararon 500 ml de agua destilada y se disolvieron 29.22 gramos de cloruro de sodio (NaCl). La mezcla se homogeneizó en un vaso precipitado de 500 ml utilizando una varilla de vidrio durante 15 minutos.

Procedimiento N°4: Obtención del biocoagulante a base de semillas de Moringa. Se agregaron 20 gramos de semillas de Moringa oleífera desgrasadas al vaso precipitado que contenía 1000 mL de la solución salina. La mezcla se agitó manualmente con una varilla de vidrio durante 30 minutos para obtener el biocoagulante.

Procedimiento N°5: Aplicación a muestras de agua del río Caplina

Según Shah et al. (2024) las dosis óptimas de aplicación de Moringa oleífera son de 20 – 50 mg/L por lo cual las dosis seleccionadas para la experimentación fueron las siguientes:

- T1 = 0 mg/L
- T2 = 20 mg/L
- T3 = 25 mg/L
- T4 = 30 mg/L

Tabla 1. *Análisis de varianza para los indicadores del efecto del biocoagulante a base de Moringa oleífera sobre la remoción de turbidez del río Caplina*

Factor de variabilidad (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	F calculado (Fc)	F tablas (Ft)
					0,05 0,01
Lugar					
Error					
Total					

Fuente: elaboración propia

Y se dejó reposando por 2 horas, para posteriormente realizar la medición de parámetros finales de turbidez, pH y conductividad eléctrica. Una vez obtenidos los resultados se procedió a analizarlos

estadísticamente en el programa Statgraphics 16, en donde se realizó inicialmente el análisis de varianza (Tabla 1) para la remoción de turbidez, efecto sobre el pH y conductividad eléctrica. Si el $p < 0.05$ se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna con un 95 % de confianza.

Resultados y Discusión

En la Tabla 2 se muestra el análisis de varianza para comparar el efecto de las diferentes dosis de biocoagulante aplicado a muestras del río Caplina sobre la remoción de turbidez del mismo, el cual indica un $p\text{-valor} < 0.05$ por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, indicando que existe una diferencia significativa entre los tratamientos en cuanto a la remoción de turbidez.

Tabla 2. *Análisis de varianza para el efecto del biocoagulante de Moringa Oleífera sobre la remoción de turbidez del río Caplina*

FV	SC	GL	CM	Fc	P-valor
Entre grupos	1370.49	3	456.83	418.70	0.0000
Intra grupos	13.0929	12	1.09107		
Total	1383.58	15			

Fuente: elaboración propia

Como se evidenciaron diferencias significativas entre sí, se aplicó la prueba de múltiples rangos de tukey ($p < 0.05$), para reconocer con exactitud el tratamiento que tuvo mayor efecto sobre la remoción de turbidez del río Caplina (Tabla 3 y Figura 2). El resultado evidenció que existe una diferencia significativa entre la muestra control en comparación a las que, si tuvieron dosis, sin embargo, no existe diferencias significativas entre las propias mayores, siendo el tratamiento el que tuvo mayor remoción de turbidez con un 99.47 %. Estos hallazgos son consistentes con estudios recientes que han demostrado que las semillas de moringa tienen propiedades coagulantes efectivas debido a la presencia de proteínas catiónicas que neutralizan las

partículas cargadas negativamente en el agua (Ndabigengesere y Narasiah, 2020). De igual manera Vizcarra et al. (2024) en su estudio alcanzo remociones superiores al 90% lo que demuestra una eficiencia superior en comparación a otros coagulantes naturales. La efectividad del coagulante de moringa se ve reflejada en la significativa reducción de la turbidez, lo cual es esencial para mejorar la calidad del agua para consumo humano y para otros usos.

Tabla 3. Prueba de Tukey ($p<0,05$) para el efecto de los tratamientos sobre la remoción de turbidez del río Caplina

Tratamientos	Promedio (%)	Significancia
Control (0 mg/L)	77.7939	a
25 mg/L	98.7477	b
30 mg/L	99.2584	b
20 mg/L	99.4705	b

Fuente: elaboración propia

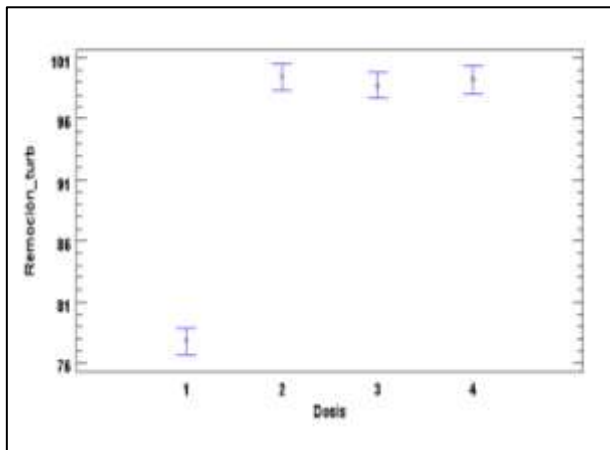


Figura 2. Gráfico de Tukey ($p<0,05$) para el efecto del biocoagulante de *Moringa oleífera* sobre la turbidez del río Caplina

En la Tabla 4 se muestra el análisis de varianza para comparar el efecto de las distintas dosis de biocoagulante sobre el pH del río Caplina obteniendo un p -valor <0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, indicando que existe una diferencia significativa entre los tratamientos sobre el pH del río Caplina.

Tabla 4. Análisis de varianza para el efecto del biocoagulante de *Moringa Oleífera* sobre el pH del río Caplina

FV	SC	GL	CM	Fc	P-valor
Entre grupos	0.69195	3	0.23065	7.95	0.0035
Intra grupos	0.34815	12	0.0290125		
Total	1.0401	15			

Fuente: elaboración propia

Al evidenciarse diferencias significativas entre los tratamientos sobre el pH del río Caplina, se aplicó la prueba de múltiples rangos de tukey ($p<0,05$), para comparar la variación del pH según las distintas dosis aplicadas a las muestras (Tabla 5 y Figura 3). El resultado evidenció que existe una diferencia significativa entre la aplicación de dosis y la prueba control, se observa que con la aplicación de biocoagulante el pH se alcaliniza ligeramente, aunque no estadísticamente significativo. Sin embargo, este resultado es satisfactorio puesto que el pH influye en la sedimentación, a pH más neutros las partículas en suspensión sedimentaran más fácilmente, en comparación a una muestra con pH ácido (Garcia et al., 2019). Esto es consistente con investigaciones recientes que también han encontrado que el uso de coagulantes naturales, como las semillas de moringa, no afecta significativamente el pH del agua (Ali et al., 2019).

Tabla 5. Prueba de Tukey ($p<0,05$) para el efecto de los tratamientos sobre el pH del río Caplina

Tratamientos	Promedio	Significancia
Control (0 mg/L)	6.1375	a
25 mg/L	6.5	b
30 mg/L	6.6425	b
20 mg/L	6.65	b

Fuente: elaboración propia

En la tabla 6 se muestra el análisis de varianza acerca del efecto del biocoagulante sobre la conductividad eléctrica del río Caplina, que representa la concentración de iones disueltos en el agua, obteniendo un p -valor <0.05 por lo que podemos afirmar que existen diferencias

estadísticamente significativas entre los tratamientos con distintas dosis de biocoagulante sobre la conductividad eléctrica del río Caplina.

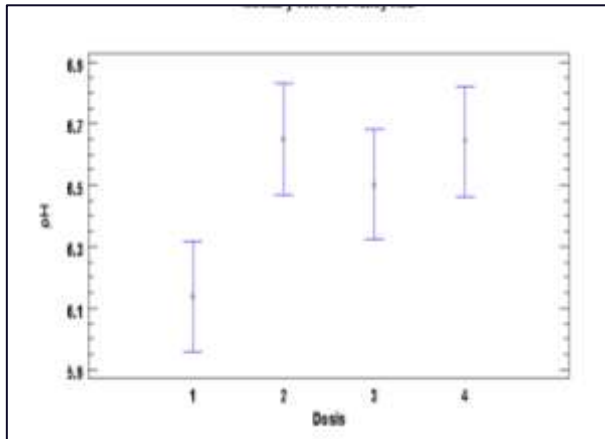


Figura 3. Prueba de Tukey ($p<0,05$) para el efecto del biocoagulante de *Moringa oleífera* sobre el pH del río Caplina

Tabla 6. Análisis de varianza para el efecto del biocoagulante de *Moringa Oleífera* sobre la conductividad eléctrica del río Caplina

FV	SC	GL	CM	Fc	P-valor
Entre grupos	65183.2	3	21727.7	24.23	0.0000
Intra grupos	10762.8	12	896.896		
Total	75945.9	15			

Fuente: elaboración propia

Se aplicó la prueba de múltiples rangos de tukey ($p<0,05$), para comparar la variación de la conductividad eléctrica según las distintas dosis aplicadas a las muestras de agua del río Caplina (Tabla 7 y Figura 4). El resultado evidenció que existe una diferencia significativa entre la muestra que no tuvo dosis en comparación a las que, si tuvieron, además existe una relación directamente proporcional entre las dosis aplicadas y el aumento de la conductividad eléctrica. Asimismo los resultados respecto a la diferencia entre las dosis de 20, 25 y 30 mg/L no tienen una diferencia significativa lo que sugiere que el proceso de coagulación con moringa no introduce una cantidad significativa de iones adicionales en el agua, manteniendo la

conductividad eléctrica dentro de los niveles pretratamiento. La consistencia en la conductividad eléctrica es importante, dado que cambios drásticos podrían indicar la presencia de contaminantes o residuos químicos en el agua tratada (Wu y Brant, 2020). Estos hallazgos respaldan la viabilidad del uso de coagulantes naturales como una alternativa sostenible y segura en el tratamiento de agua, alineándose con las conclusiones de otros estudios que destacan los beneficios de utilizar coagulantes basados en plantas para el tratamiento de agua en regiones con recursos limitados (Ghebremichael et al., 2005).

Tabla 7. Prueba de Tukey ($p<0,05$) para el efecto de los tratamientos sobre la conductividad eléctrica del río Caplina

Tratamientos	Promedio (mS/cm)	Significancia
0 mg/L	1109.5	a
20 mg/L	1226.0	b
25 mg/L	1248.75	b
30 mg/L	1277.5	b

Fuente: elaboración propia

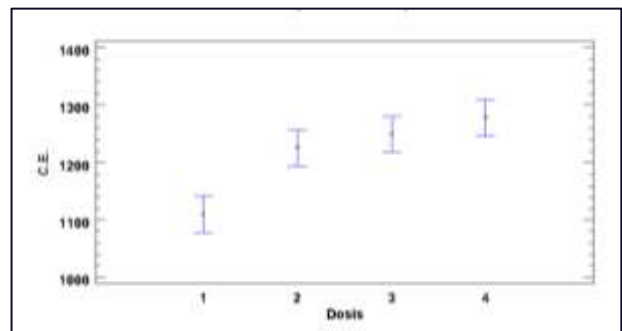


Figura 4. Prueba de Tukey ($p<0,05$) para el efecto del biocoagulante de *Moringa Oleífera* sobre la conductividad eléctrica del río Caplina

Conclusiones

De los resultados mostrados, de su análisis y de su discusión, se pueden obtener las siguientes conclusiones sobre el uso del coagulante orgánico a base de semillas de *Moringa oleífera* en el tratamiento de agua del río Caplina – Tacna: 1) Se logró elaborar exitosamente un coagulante orgánico a partir de semillas de *Moringa oleífera*, el cual mostró un efecto

significativo en la remoción de turbidez del agua, lo que lo posiciona como una alternativa viable frente a los coagulantes químicos convencionales. 2) El coagulante orgánico evaluado presenta ventajas importantes como su bajo costo de obtención, producción y aplicación, lo que refuerza su potencial para ser implementado en procesos de pretratamiento de agua en contextos rurales o con recursos limitados. 3) Los análisis estadísticos aplicados bajo el Diseño Completamente al Azar, mediante el software Statgraphics, demostraron que el biocoagulante tiene efectos estadísticamente significativos en la reducción de la turbidez, pero no en los parámetros de pH ni de conductividad eléctrica. 4) De forma experimental se comprobó que, si bien el coagulante orgánico tiene gran capacidad para reducir la turbidez, su influencia sobre el pH y la conductividad eléctrica fue mínima, observándose en algunas muestras ligeros incrementos o valores constantes en dichos parámetros.

Referencias Bibliográficas

- Ali, E., Muyibi, S., Salleh, H., Alam, M., & Salleh, M. (2019). Production of natural coagulant from *Moringa oleifera* seed for application in treatment of low turbidity water. *Environmental Technology & Innovation*, 15, 100355. <http://dx.doi.org/10.4236/jwarp.2010.23030>
- Avazpour, S., & Noshadi, M. (2024). Enhancing the coagulation process for the removal of microplastics from water by anionic polyacrylamide and natural-based *Moringaoleifera*. *Chemosphere*, 358, 142215. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.142215>
- Castellanos, L., & Martin, M. (2020). *Desarrollo de un coagulante orgánico a partir de la semilla de moringa para empresa Comercial Dacetex Ltda.* (Bachelor's thesis, Fundación Universidad de América).
- <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7789/1/6151576-2020-I-IQ.pdf>
- Carrizales, R., Enríquez, N. (2019). Determinación de la dosis y concentración óptima del coagulante de *Moringa Oleifera* en la clarificación del agua de la quebrada Taczanapampa de la ciudad de Huancavelica"
- DIRESA, MINSA (2010). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.
- Ghebremichael, K., Gunaratna, K., Henriksson, H., Brumer, H., & Dalhammar, G. (2005). A simple purification and activity assay of the coagulant protein from *Moringa oleifera* seed. *Water Research*, 39(11), 2338-2344. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2005.04.012>
- Hernández, J., Edith, K., Perilla, N., Andrea, J. (2019). Análisis del efecto coagulante de la semilla moringa oleífera para el tratamiento de aguas residuales en el hotel Itaca. *Boletín Semillas Ambientales, Bogotá Colombia*, 13(29).
- Lago, V., Duarte, M., Martínez, M., Almora, E., Figueredo, N., & Rodríguez, E. (2022). Caracterización y uso de la cáscara de semillas de moringa oleífera como salvado en la fortificación de mini panqués. *Revista Centro Azúcar*, 49(2), 100–111. http://centroazucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/705
- Moreno Samaniego, M. C., & Sagñay Lema, S. I. (2024). Calidad del agua en airón, Chimborazo, Ecuador: Análisis físico-químico y microbiológico para consumo humano, evaluación de impacto en salud pública. *La ciencia al servicio de la salud y Nutrición*, 15(1), <https://doi.org/10.47187/cssn.Vol15.Iss1.268>
- Ndabigengesere, A., & Narasiah, K. (2020). Quality of water treated by coagulation using *Moringa oleifera* seeds. *Water Research*, 37(2), 421-428. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(97\)00295-9](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(97)00295-9)

Paz, E., Cruz, M., Atencio, J., & Rebaza, L. (2022). Optimización de dos coagulantes naturales coadyuvados por hidróxido de sodio para la potabilización de aguas del río Caplina. *Veritas et Scientia*, 11(1), 87-98.

Quintero, K. (2022). Sistemas de Tratamiento para la Potabilización del Agua en Colombia.

Shah, A., Arjunan, A., Manning, G., Zakharova, J., Andraulaki, I., & Batool, M. (2024). The effect of dose, settling time, shelf life, storage temperature and extractant on Moringa oleifera Lam. Protein coagulation efficiency. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 21, 100919. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2024.100919>

Topanta, D. (2020). Evaluación de la eficiencia de la Moringa oleífera como floculante para el tratamiento de aguas residuales.

Vizcarra, R., Layme, C., Escobar, D., Huaycani, J., & Vizcacho, L. (2024). Evaluación comparativa del efecto de las semillas de Moringa Oleífera y sulfato de aluminio sobre la remoción de turbidez del agua del río Caplina. *Sciencevolution*, 3(11) <https://doi.org/10.61325/ser.v3i11.94>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional. Copyright © Hilary del Carmen Florez Encinas.

