

## Evaluación preliminar del potencial coagulante de *Moringa oleifera* en distintas presentaciones para el tratamiento de aguas residuales de lavandería

Grecia A. Ortega-Hernández, Anderson A. Ramírez-Ramírez, Allan Tejeda y Florentina Zurita \*

Centro de Investigaciones en Calidad Ambiental, Centro Universitario de la Ciénega, Universidad de Guadalajara, Avenida Universidad 1115, Ocotlán 47820, Jalisco, México

\* Autor de correspondencia: [florentina.zurita@academicos.udg.mx](mailto:florentina.zurita@academicos.udg.mx)

Contaminación de agua, suelo y aire (Tratamiento de aguas residuales)

Recibido: 12 de junio de 2025

Aceptado: 13 de julio de 2025

Publicado: 24 de diciembre de 2025

DOI: <https://doi.org/10.56845/terys.v4i3.503>

**Resumen:** En este estudio preliminar se evaluó el uso de semillas de *Moringa oleifera* como coagulante natural para el tratamiento de ARL, con el objetivo de determinar el método de preparación más efectivo y la dosis óptima para este tipo de efluente. Se analizaron tres formas de preparación del coagulante: en polvo sin desengrasar, desengrasado y disuelto en solución salina (NaCl 0.250 M al 5 %). Los mejores resultados de remoción de color aparente (CA) y turbidez se obtuvieron con dosis de 1 g/L (78.8 % CA y 83.86 % turbidez), 0.5 g/L (84.35 % CA y 85.16 % turbidez) y 50 mL/L (92.62 % CA y 93.74 % turbidez), respectivamente. Estos resultados indican que la preparación más efectiva fue el coagulante sin desengrasar disuelto en solución salina, al menos para los parámetros evaluados. Los hallazgos demuestran que el coagulante a partir de las semillas de *Moringa oleifera* representa una alternativa eficiente y sostenible para el tratamiento de aguas residuales de lavandería. Sin embargo, se requiere profundizar en la eficiencia del proceso para la remoción de otros contaminantes presentes en este efluente, así como el estudio de los factores que afectan su eficiencia.

**Palabras clave:** aguas residuales de lavandería, *Moringa oleifera*, color, turbidez, coagulación-floculación

## Preliminary evaluation of the coagulant potential of *Moringa oleifera* in different forms for the treatment of laundry wastewater

**Abstract:** In this preliminary study the use of *Moringa oleifera* seeds as a natural coagulant for the treatment of laundry wastewater was evaluated, aiming to identify the most effective preparation method and optimal dosage for this type of effluent. Three preparation methods were analyzed: non-defatted powder, defatted powder, and saline solution (5% in 0.250 M NaCl). The best removal efficiencies for apparent color (AC) and turbidity were achieved with dosages of 1 g/L (78.8% AC and 83.86% turbidity), 0.5 g/L (84.35% AC and 85.16% turbidity), and 50 mL/L (92.62% AC and 93.74% turbidity), respectively. These results indicate that the most effective preparation was the non-defatted coagulant dissolved in saline solution, at least for the parameters evaluated. The findings demonstrate that the coagulant derived from *Moringa oleifera* seeds represents an efficient and sustainable alternative for the treatment of laundry wastewater. However, further investigation is needed into the efficiency of the process for removing other contaminants present in this effluent, as well as a study of the factors that affect its efficiency.

**Keywords:** laundry wastewater, *Moringa oleifera*, color, turbidity, coagulation-flocculation

### Introducción

Las aguas residuales de lavandería (ARL), forman parte de las aguas grises que se generan principalmente en los hogares, además de las empresas dedicadas al lavado de ropa. Se estima que cada ciclo de lavado puede consumir entre 60 y 80 litros de agua (Vishali *et al.*, 2023) que se convierten en aguas residuales. Estas aguas residuales se caracterizan por la presencia de surfactantes, colorantes, grasas y aceites, así como por elevados niveles de sólidos suspendidos, compuestos fosforados y sustancias aromáticas, presentando además un pH básico (Melián *et al.*, 2023; Dadebo *et al.*, 2024). Los surfactantes son los principales aditivos de los detergentes, cuya función es reducir la tensión superficial del agua, permitiendo que la ropa se humedezca con mayor rapidez. No obstante, su baja biodegradabilidad les permite persistir en el medio ambiente durante periodos prolongados, provocando impactos negativos como la acumulación de espuma en cuerpos de agua. Esta acumulación reduce la concentración de oxígeno disuelto, afectando la vida acuática y disminuyendo la capacidad de los ecosistemas para mantener su biodiversidad (Melián *et al.*, 2023; Saravanan *et al.*, 2024).

El tratamiento de las ARL resulta complicado, por lo que se requiere aplicar una combinación de métodos físicos, químicos y biológicos para su adecuada descontaminación. Entre las tecnologías empleadas destacan la filtración mediante membranas (Luogo *et al.*, 2022), la adsorción con carbón activado granular (Nasir & Titah, 2024), el uso de biofiltros (Sinaga *et al.*, 2020), bioreactores (Baihaqi *et al.*, 2022), electrocoagulación (Yaranal *et al.*, 2023), la coagulación-floculación combinada con filtración por membranas (Nascimento *et al.*, 2019) y procesos avanzados de oxidación como el proceso foto-Fenton (Esteban *et al.*, 2021).

Por otra parte, entre los métodos más utilizados para el tratamiento de aguas residuales, especialmente para la eliminación de turbidez, color y sólidos en suspensión, destacan los procesos de coagulación-floculación. Este tratamiento consiste en la desestabilización de las partículas coloidales mediante la adición de coagulantes y la aglomeración de dichas partículas desestabilizadas, dando lugar a la formación de flóculos que, por efecto de la gravedad, sedimentan fácilmente; de esta manera, se generan lodos que pueden ser separados (Desta & Bote, 2021).

Los coagulantes pueden ser de origen inorgánico o natural. Los coagulantes inorgánicos a base de sales de aluminio son ampliamente utilizados debido a su eficacia; sin embargo, se han asociado con problemas neurológicos. Además de sus altos costos, presentan baja biodegradabilidad y generan lodos tóxicos, lo que incrementa significativamente los gastos de tratamiento. En cambio, los coagulantes naturales que provienen de material biológico, generalmente de cáscaras y semillas son amigables con el medio ambiente y en general, son económicos; lo que los hace más apropiados para los países en vías de desarrollo (Nascimento *et al.*, 2019; Desta & Bote, 2021). Algunos ejemplos destacados incluyen la corteza de acacia negra (Nascimento *et al.*, 2019), el quitosano (Vishali *et al.*, 2023), así como diversos residuos biológicos como las cáscaras de granada, cáscaras de Opuntia, residuos de té, bagazo de caña de azúcar y altramuces (Ahmed *et al.*, 2024). También destacan las semillas de yaca (Kitte *et al.*, 2019), las semillas de castaña (Tomasi *et al.*, 2025) y las semillas de *Moringa oleifera* (Zurita *et al.*, 2024).

En este contexto, las semillas de *Moringa oleifera* (SMO) han sido ampliamente estudiadas por su alto potencial como coagulante natural. Este coagulante se clasifica como catiónico, ya que sus moléculas poliméricas presentan una carga positiva neta. Esta característica la hace particularmente eficaz para el tratamiento de aguas residuales (Zurita *et al.*, 2024). Se ha reportado su eficiencia en el tratamiento de aguas residuales domésticas (Ahmed *et al.*, 2024), vinazas tequileras (Zurita *et al.*, 2024), aguas residuales de almazaras (Rifi *et al.*, 2022), entre otros. Respecto a su uso para el tratamiento de ARL, los estudios son limitados. En un estudio realizado por Al-Gheethi *et al.* (2017), se evaluó su desempeño mediante un proceso combinado de aireación y coagulación-floculación. Los resultados mostraron eficiencias de remoción del 82% y 72% para la turbiedad, del 65% y 79% para sólidos suspendidos, y del 26 % y 40 % para la Demanda Química de Oxígeno, utilizando dosis de 120 mg/L y 90 mg/L, respectivamente.

Dado que las ARL presentan elevados niveles de color y turbidez, y considerando la capacidad coagulante de las SMO, resulta relevante evaluar distintas formas de preparación y aplicación del coagulante derivado de estas semillas. Una evaluación comparativa permitirá identificar la presentación más eficiente y establecer la dosis óptima para su uso específico en este tipo de efluente. Por lo tanto, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar en forma preliminar, el desempeño de diferentes presentaciones del coagulante extraído a partir de SMO para la remoción de contaminantes, específicamente turbidez y color aparente, de ARL.

## Materiales y Métodos

El ARL utilizada para cada uno de los experimentos se tomó de las aguas residuales generadas en un domicilio, durante el lavado de prendas de color oscuro. Las muestras de ARL a utilizar se colectaron y se preservaron a 4 °C, hasta su utilización. Para determinar la presentación óptima de las SMO, se evaluaron tres diferentes formas de presentación del coagulante: i) polvo sin desengrasar, ii) polvo desengrasado, y iii) polvo sin desengrasar disuelto al 5% en una solución de NaCl al 0.250 M. Para cada forma de coagulante, la muestra de ARL utilizada fue de diferente lote.

### Preparación del coagulante

Para la obtención del coagulante en polvo de SMO se siguió el procedimiento descrito por Zurita *et al.* (2024), el cual se inició con el retiro manual de las cáscaras, seguido por la trituration de las semillas en un mortero de porcelana. Luego, las semillas trituradas se colocaron en un horno de secado (Yamato, Shanghai, China, modelo DVS402) a 55 °C

durante dos horas. Para la obtención del coagulante en polvo sin desengrasar, el material seco se molió y se tamizó utilizando un tamiz de 0.5 mm. Para la obtención del coagulante en polvo desengrasado, se pesaron 10 g de semillas molidas, seguido de un proceso de extracción de aceite utilizando un equipo Soxhlet (Glas-Col, Terre Haute, IN, USA) y n-hexano como disolvente. Este proceso se llevó a cabo durante 4 ciclos de 30 minutos cada uno. Una vez extraído el aceite, el sólido resultante en el cartucho se secó durante 24 horas bajo una campana de extracción. Posteriormente, el material se molió y se tamizó utilizando un tamiz de 0.5 mm. Respecto a la preparación del coagulante disuelto en solución salina, se tomó como referencia el procedimiento descrito por Prasad (2009). Para ello, se preparó una solución de cloruro de sodio (NaCl) 0.250 M, a la cual se le añadió coagulante en polvo sin desengrasar de SMO hasta alcanzar una concentración del 5%. La mezcla se agitó a temperatura ambiente durante 30 minutos utilizando un agitador magnético. Posteriormente, se filtró y la solución resultante del filtrado se empleó como coagulante.

### Pruebas de coagulación-floculación

El procedimiento consistió en verter 1 L de agua residual proveniente de lavandería en vasos de precipitados para someterla a una prueba de jarras (modelo Prendo AM-3) a temperatura ambiente. Posteriormente, se añadió de forma simultánea la dosis correspondiente de coagulante en cada vaso. Las pruebas se realizaron siguiendo las condiciones descritas por Zurita *et al.* (2024), las cuales comprenden una agitación rápida a 200 rpm durante 3 minutos, seguida de una agitación lenta a 30 rpm durante 30 minutos, y un tiempo de sedimentación de 60 minutos. No se efectuó ninguna corrección ni ajuste del pH durante el proceso. Para el coagulante en polvo desengrasado y sin desengrasar, las dosis evaluadas fueron 0.1, 0.5, 1, 1.5 y 2 g/L. Con respecto, al coagulante disuelto en solución de NaCl, se realizaron dos pruebas. La primera prueba incluyó concentraciones de 10, 20, 30, 40 y 50 mL/L, mientras que la segunda prueba abarcó concentraciones de 30, 40, 50, 60, 70 y 80 mL/L, con el objeto de abarcar un rango amplio de concentraciones. El objetivo fue evaluar si el porcentaje de remoción aumenta conforme se incrementa la dosis del coagulante. Las concentraciones seleccionadas fueron determinadas y adaptadas con base en estudios previos realizados por Prasad (2009) y Zurita *et al.* (2024).

### Parámetros de calidad del agua

Debido a que este es un estudio preliminar, los parámetros analizados en las muestras fueron únicamente color aparente (CA), turbidez, pH y conductividad eléctrica (CE). La determinación de estos parámetros de calidad del agua se realizó conforme a los Métodos Estándar para el Análisis de Agua y Aguas Residuales (APHA, 2005). El porcentaje de remoción de CA y turbidez se calculó empleando la fórmula presentada en la ecuación 1.

$$\text{Porcentaje de remoción} = \frac{\text{Concentración inicial} - \text{Concentración final}}{\text{Concentración inicial}} * 100 \quad (1)$$

## Resultados y Discusión

### Evaluación de la eficiencia de remoción del coagulante en polvo sin desengrasar

La Figura 1 muestra los porcentajes de eliminación de CA y turbidez para el coagulante en polvo sin desengrasar, utilizando diferentes dosis. El ARL tenía una concentración inicial de 500 mg/L Pt/Co y 120 UNT, respectivamente; así como un pH de 7.34 y CE de 482.8  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Después del tratamiento, el pH aumentó a  $7.53 \pm 0.03$  en todos los casos, lo que indica que el pH no se ve afectado, lo cual concuerda con lo reportado por Murali *et al.* (2022). El mejor desempeño en la remoción de CA se obtuvo con la dosis de 1 g/L, alcanzando un 78.8% de eliminación. En cuanto a la turbidez, la mayor eficiencia se logró con la dosis de 1.5 g/L, con un 84.33% de remoción, seguida de cerca por la dosis de 1 g/L, con un 83.86%. Estos resultados contrastan con los reportados por Desta & Bote (2021), quienes emplearon coagulante en polvo sin desengrasar en aguas residuales domésticas tanto ácidas como básicas, alcanzando eficiencias de remoción del 98 % para turbidez y del 90.76 % para color en condiciones ácidas, y del 99.5 % y 97.7 %, respectivamente, en condiciones básicas, utilizando una dosis óptima de 0.8 g/L. En comparación, las eficiencias alcanzadas en el presente estudio son menores, lo cual podría explicarse por las diferencias en la concentración inicial y la naturaleza del agua tratada. Las ARL tienden a presentar concentraciones mayores de turbidez y color en comparación de las aguas residuales domésticas, lo que puede requerir dosis más altas. Por otro lado, los resultados obtenidos son consistentes con los obtenidos por Al-Gheethi *et al.* (2017), quienes emplearon polvo de SMO sin desengrasar como coagulante en

ARL con concentraciones iniciales de 57.8-68.1 UNT, logrando una eliminación del 83.63% con una dosis de 1.2 g/L; aunque en el presente estudio, la concentración de turbidez es casi el doble.

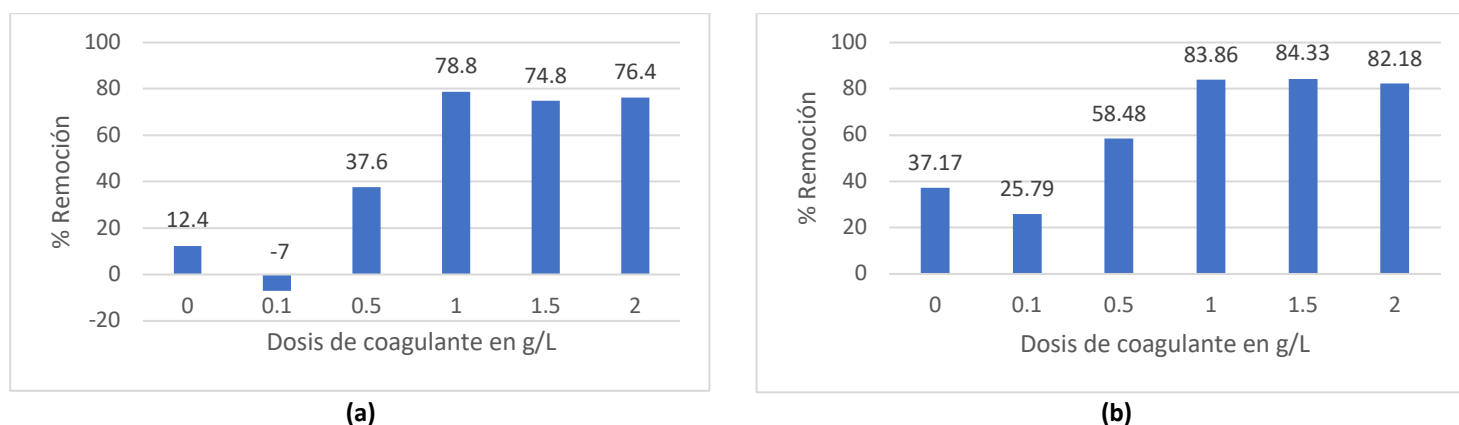


Figura 1. Porcentajes de eliminación de los parámetros evaluados, a) CA y b) turbidez a diferentes dosis del coagulante en polvo sin desengrasar

#### Evaluación de la eficiencia de remoción del coagulante en polvo desengrasado

Estas pruebas se realizaron con ARL con una concentración inicial de 690 mg/L Pt/Co y 109.016 FTU, respectivamente. Los valores iniciales de pH y de CE, fueron de 7.22 y de 423.3  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , respectivamente. Similar al coagulante sin desengrasar, tras el tratamiento, se observó un ligero incremento en el pH, con un valor promedio de  $7.38 \pm 0.05$  en todos los casos. En este caso, se encontró una eficiencia superior con dosis más bajas (0.5 g/L), alcanzando remociones del 84.35 % para CA y del 85.16 % para la turbidez, como se muestra en la Figura 2. Este comportamiento podría atribuirse, según Mejía *et al.* (2020), a una mayor concentración de la proteína catiónica responsable de la coagulación, la cual se concentra tras la extracción del aceite de la SMO.

Cabe destacar que el aumento en la dosis del coagulante no se tradujo en una mayor eficiencia de remoción; por el contrario, se evidenció un efecto inverso en la claridad del agua. Según Desta & Bote (2021), este fenómeno podría explicarse por la sobresaturación de iones positivos en la solución, ya que la dosis aplicada excede la cantidad de impurezas presentes en la muestra, lo que interfiere con el proceso de coagulación-floculación. Por otro lado, con los resultados reportados por López-Grimau *et al.* (2016), quienes evaluaron el uso de coagulante en polvo desengrasado en aguas residuales domésticas, se observaron remociones del 94.44 % de turbidez, utilizando una dosis de 1.5 g/L. Estos valores difieren de los obtenidos en el presente estudio, lo cual puede atribuirse a la distinta composición de las aguas tratadas, como se mencionó anteriormente.

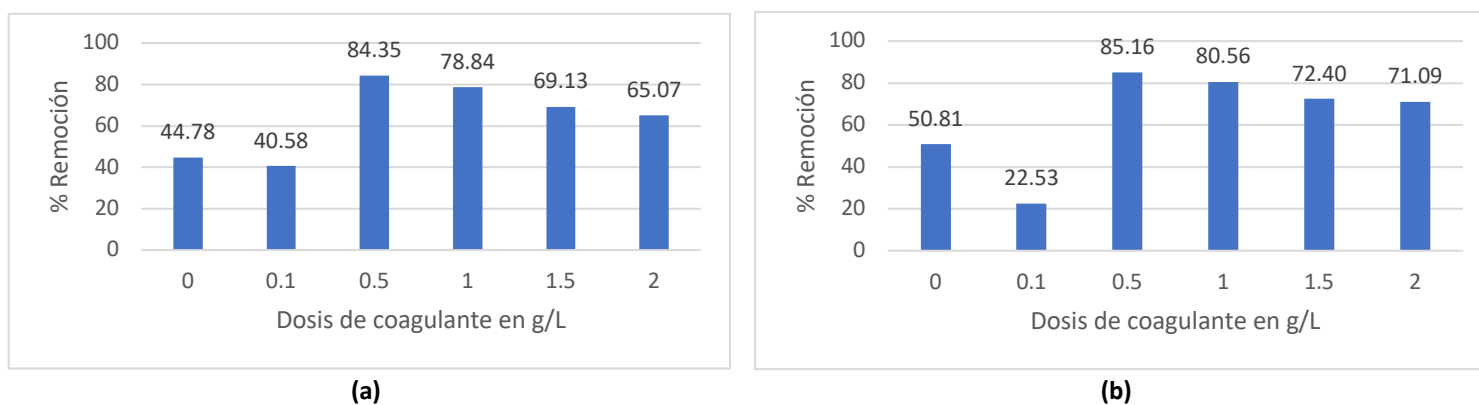


Figura 2. Porcentajes de eliminación de los parámetros evaluados, a) CA y b) turbidez a diferentes dosis del coagulante en polvo desengrasado

### Evaluación de la eficiencia de remoción del coagulante en polvo sin desengrasar disuelto en una solución salina

Como se comentó se realizaron dos pruebas con lotes diferentes de ARL. Los resultados se muestran en la figura 3a-d. En la Prueba 1, las concentraciones fueron de 810 mg/L Pt/Co CA y 190 FTU de turbidez y los valores de pH y CE fueron de 7.46 y 846.2  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , respectivamente. Durante el ensayo, el pH se mantuvo constante, mientras que la CE aumentó progresivamente con el incremento en la dosis de coagulante. En la Prueba 2, las condiciones iniciales fueron un pH de 6.37, CE de 606.3  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , turbidez de 138.83 FTU y CA de 1025 mg/L Pt/Co. Al igual que en la Prueba 1, la CE mostró un incremento conforme aumentaba la dosis del coagulante. Esto podría deberse, según Shan *et al.* (2017), dado que la salinidad es directamente proporcional a la CE, es por ello que al utilizar solución salina como NaCl, este parámetro aumento considerablemente. En ambas pruebas, la dosis que presentó el mayor porcentaje de remoción fue 50 mL/L, como se muestra en la figura 4. En la Prueba 1 se logró una eficiencia del 90.62 % para CA y del 93.74 % para turbidez. En la Prueba 2, las remociones fueron de 89.85 % para CA y 90.05 % para turbidez con esta misma dosis. Estos porcentajes se deben al incremento de la fuerza iónica debido al NaCl, lo que provoca un aumento en la solubilidad del componente activo (Prasad, 2009; Shan *et al.*, 2017; Al-Jadabi *et al.*, 2023). Cabe destacar que, en la Prueba 1, las dosis más bajas (10 y 20 mL/L) provocaron un efecto adverso, incrementando los valores de CA y turbidez en el efluente. Específicamente, se observó un aumento de 151.85 % en CA y 91.81 % en turbidez para la dosis de 10 mL/L, y de 172.84 % en CA y 114.71 % en turbidez para la dosis de 20 mL/L, lo cual podría explicarse por una subdosificación que desestabiliza el sistema coloidal y promueve la dispersión en lugar de la coagulación.

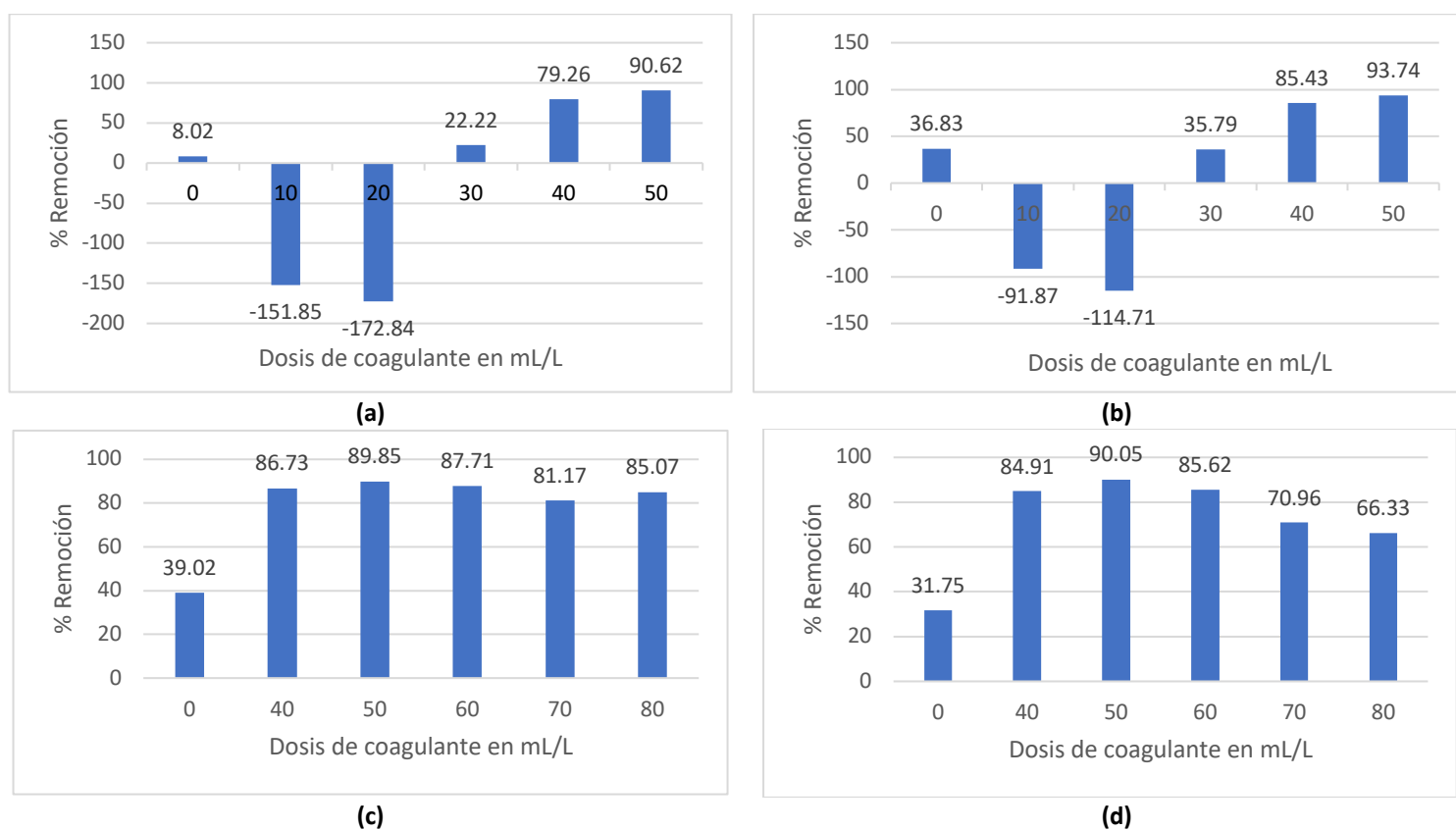


Figura 3. Porcentaje de remoción de CA y turbidez coagulante en polvo sin desengrasar disuelto al 5% en una solución de NaCl 0.250 M. Prueba 1: a) y b), y Prueba 2: c) y d), respectivamente

Es importante remarcar que esta forma del coagulante a partir de la SMO fue la más efectiva para los parámetros de CA y turbidez, lo cual fue muy notorio visualmente; como se puede observar en la figura 4, el ARL prácticamente quedó sin color después del tratamiento en las pruebas de jarras. Por otra parte, los resultados obtenidos con el coagulante disuelto en solución salina, contrasta con lo reportado por López-Grimau *et al.* (2016), quienes aplicaron coagulante a partir de SMO en aguas residuales domésticas con una turbidez inicial de 61.2 UNT, utilizando una dosis de 2 g/L en solución de NaCl 1 M y obtuvieron una remoción de solamente 62 %. Esto podría explicarse por el deficiente desempeño del coagulante en aguas con baja turbidez, como lo señalan Al-Jadabi *et al.* (2023).



Figura 4. Prueba de coagulación-floculación de la Prueba 2

## Conclusiones

Este estudio preliminar confirma nuevamente el alto poder coagulante del compuesto activo presente en las semillas de *Moringa oleifera* para el tratamiento de aguas residuales, específicamente para aguas residuales de lavandería. Se identificaron las dosis óptimas para cada una de las formas de preparación evaluadas: 1 g/L para el coagulante en polvo sin desengrasar, 0.5 g/L para el coagulante en polvo desengrasado, y 50 mL/L para el coagulante en polvo disuelto en solución salina de NaCl. Esta última formulación resultó ser la más eficiente, alcanzando remociones de hasta 90.62 % y 89.85 % para el color aparente, y de 93.74 % y 90.05 % para la turbidez en las pruebas realizadas. Sin embargo, se requieren estudios futuros donde se profundice y se incluya la evaluación de otras variables operativas con el objetivo de optimizar aún más la eficiencia del proceso bajo diferentes condiciones experimentales. Asimismo, es necesario investigar la capacidad del coagulante de *Moringa oleifera* para remover otros contaminantes presentes en este tipo de efluentes, a fin de corroborar su aplicabilidad para el tratamiento de aguas residuales de lavandería.

**Agradecimientos y financiamiento:** La primera autora agradece a la SECIHTI por la beca otorgada para realizar sus estudios de Maestría en Ciencias. Además, los autores agradecen el apoyo de las estudiantes de ingeniería química, Alejandra Díaz Ortega, Andrea Guadalupe Benítez Silva y Martha Isela Navarro Maldonado, durante la realización de los experimentos.

## Bibliografía

- Ahmed, H.M., El-Khateeb, M.A., Mohamed, N.Y., Sobhy, N.A., & Fawzy, M. E. (2024). Evaluation of different natural waste materials as bio-coagulants for domestic wastewater treatment. *Desalination and Water Treatment*, 317, 100034, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.137662>.
- Al-Gheethi, A., Mohamed, R., Wurochekke, A., Nurulainee, N., Mas Rahayu, J., & Amir Hashim, M. (2017). Efficiency of Moringa oleifera Seeds for Treatment of Laundry Wastewater. *MATEC Web Conf.*, 103, 06001, <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710306001>.
- Al-Jadabi, N., Laouan, M., El Hajjaji, S., Mabrouki, J., Benbouzid, M., & Dhiba, D. (2023). The dual performance of Moringa oleifera seeds as eco-friendly natural coagulant and as an antimicrobial for wastewater treatment: a review. *Sustainability*, 15(5), 4280, <https://doi.org/10.3390/su15054280>.
- APHA; AWWA; WEF. (2005). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (24<sup>th</sup> ed.). American Public Health Association Wastewater. <https://www.wef.org/publications/publications/books/StandardMethods/>.
- Baihaqi, R. A., Prabahandari, K. A., Hariyono, Y., Pratiwi, N. I., Sutanto, H., & Wahyono, Y. (2022). Application of anaerobic and aerobic bioreactors in detergent wastewater treatment: A review. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 1098(1), 012034. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1098/1/012034>.
- Dadebo, D., Obura, D., & Atukunda, A. (2024). Phytoremediation of laundry wastewater using Pistia stratiotes and recycling of spent plant biomass for sustainable biomethane production. *Bioresource Technology Reports*, 26, 101855, <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2024.101855>.
- Desta, W. M., & Bote, M. E. (2021). Wastewater treatment using a natural coagulant (Moringa oleifera seeds): optimization through response surface methodology. *Heliyon*, 7(11), <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08451>.
- Esteban García, A. B., Szymański, K., Mozia, S., & Sánchez Pérez, J. A. (2021). Treatment of laundry wastewater by solar photo-Fenton process at pilot plant scale. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 8576-8584, <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11151-x>.
- Kitte, S. A., Dressa, S., Endale, H., & Dadi, D. (2019). Removal of anionic surfactant from residential laundry wastewater using jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) seeds. *Advances in Environmental Technology*, 5(1), 47-53, <https://doi.org/10.22104/aet.2020.3841.1189>.
- Luogo, B. D. P., Salim, T., Zhang, W., Hartmann, N. B., Malpei, F., & Candelario, V. M. (2022). Reuse of water in laundry applications with micro- and ultrafiltration ceramic membrane. *Membranes*, 12(2), 223, <https://doi.org/10.3390/membranes12020223>.
- López-Grimau, V., Vilaseca, M., & Gutiérrez-Bouzán, C. (2016). Comparison of different wastewater treatments for colour removal of reactive dye baths. *Desalination and water treatment*, 57(6), 2685-2692, <https://doi.org/10.1080/19443994.2015.1031185>.
- Mejía, C., Urquia, C., Cabello, T., & Valdiviezo, G. (2020). Evaluation of Moringa oleifera in the water treatment with high turbidity and organic. *Ingeniería del agua*, 24(2), 119-127, <https://doi.org/10.4995/ia.2020.12274>.

- Melián, E. P., Santiago, D. E., León, E., Rebozo, J. V., & Herrera-Melián, J. A. (2023). Treatment of laundry wastewater by different processes: Optimization and life cycle assessment. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 11(2), 109302, <https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.109302>.
- Murali, A., Hillstead, K. D., Wrobel, B. S., Thomas, D. J., Gonety, R., & Tarabara, V. V. (2022). Moringa oleifera-derived coagulants for water treatment: Floc structure, residual organics, and performance trade-offs. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(16), 24381-24389, <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19071-8>.
- Nascimento, C. O., Veit, M. T., Palácio, S. M., Gonçalves, G. C., & Fagundes-Klen, M. R. (2019). Combined application of coagulation/flocculation/sedimentation and membrane separation for the treatment of laundry wastewater. *International Journal of Chemical Engineering*, 2019(1), 8324710, <https://doi.org/10.1155/2019/8324710>.
- Nasir, F. N., & Titah, H. S. (2024). The use of granular activated carbon and zeolite as an adsorbent to reduce the concentration of phosphate, chemical oxygen demand and total suspended solid in laundry wastewater. *Journal of Ecological Engineering*, 25(4), 170-183, <https://doi.org/10.12911/22998993/184089>.
- Prasad, R. K. (2009). Color removal from distillery spent wash through coagulation using Moringa oleifera seeds: Use of optimum response surface methodology. *Journal of hazardous materials*, 165(1-3), 804-811, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.10.068>.
- Rifi, S. K., Souabi, S., El Fels, L., Driouch, A., Nassri, I., Haddaji, C., & Hafidi, M. (2022). Optimization of coagulation process for treatment of olive oil mill wastewater using Moringa oleifera as a natural coagulant, CCD combined with RSM for treatment optimization. *Process Safety and Environmental Protection*, 162, 406-418, <https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.04.010>.
- Saravanan, A., Thamarai, P., Deivayanai, V., Karishma, S., Shaji, A., & Yaashikaa, P. (2024). Current strategies on bioremediation of personal care products and detergents: Sustainability and life cycle assessment. *Chemosphere*, 354, 141698, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.141698>.
- Shan, T. C., Matar, M. A., Makky, E. A., & Ali, E. N. (2017). The use of Moringa oleifera seed as a natural coagulant for wastewater treatment and heavy metals removal. *Applied Water Science*, 7, 1369-1376, <https://doi.org/10.1007/s13201-016-0499-8>.
- Sinaga, M., Astuti, S., & Gultom, E. (2020). Degradation of phosphate in laundry waste with biosand filter method. I *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, 801(1), 012067. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/801/1/012067>.
- Tomasi, I. T., Ferreira, R. M., Boaventura, R. A., & Botelho, C. M. (2025). Natural coagulants from chestnut shells: A sustainable approach for textile wastewater treatment. *Chemosphere*, 376, 144286, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2025.144286>.
- Vishali, S., Poonguzhali, E., Banerjee, I., George, S. S., & Srinivasan, P. (2023). Purification of domestic laundry wastewater in an integrated treatment system consists of coagulation and ultrafiltration membrane process. *Chemosphere*, 314, 137662, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.137662>.
- Yaranal, N. A., Kuchibhotla, S. A., Subbiah, S., & Mohanty, K. (2023). Identification, removal of microplastics and surfactants from laundry wastewater using electrocoagulation method. *Water Emerging Contaminants & Nanoplastics*, 3(1), <https://dx.doi.org/10.20517/wecn.2023.46>.
- Zurita, F., Tejada, A., Ramirez-Ramirez, A., & Montoya, A. (2024). Integration of Coagulation–flocculation (with Natural Coagulant) to Constructed Wetlands for Color Removal from Tequila Vinasses. *Water*, 16(21), 3151, <https://doi.org/10.3390/w16213151>.