

**TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES CON COAGULANTE DE CARICA PAPAYA PARA  
RIEGO HORTÍCOLA EN TACNA, 2025**  
**GREYWATER TREATMENT WITH CARICA PAPAYA COAGULANT FOR  
HORTICULTURAL IRRIGATION IN TACNA, 2025**

**Autores:** <sup>1</sup>Marco Abad Mendoza Atahuachi, <sup>2</sup>Kely Paola Suricallom Menéndez, <sup>3</sup>Alesandra del Rosario Guillermo Apaza, <sup>4</sup>Nathalie Fabiana Valderrama Maquera y <sup>5</sup>Jorge Fernando Pacompia Vega.

<sup>1</sup>ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-3285-4683>

<sup>2</sup>ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-2283-5393>

<sup>3</sup>ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-9016-8550>

<sup>4</sup>ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-1476-6194>

<sup>5</sup>ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-5159-430X>

<sup>1</sup>E-mail de contacto: [mamendozaa@unjbg.edu.pe](mailto:mamendozaa@unjbg.edu.pe)

<sup>2</sup>E-mail de contacto: [kpsuricallom@unjbg.edu.pe](mailto:kpsuricallom@unjbg.edu.pe)

<sup>3</sup>E-mail de contacto: [arguillermoa@unjbg.edu.pe](mailto:arguillermoa@unjbg.edu.pe)

<sup>4</sup>E-mail de contacto: [nfvalderramam@unjbg.edu.pe](mailto:nfvalderramam@unjbg.edu.pe)

<sup>5</sup>E-mail de contacto: [jpacompiav@unjbg.edu.pe](mailto:jpacompiav@unjbg.edu.pe)

Afiliación:<sup>1\*2\*3\*4\*5\*</sup>Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, (Perú).

Artículo recibido: 3 de julio del 2025

Artículo revisado: 5 de julio del año

Artículo aprobado: 15 de julio del 2025

<sup>1</sup>Estudiante de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, (Perú).

<sup>2</sup>Estudiante de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, (Perú).

<sup>3</sup>Estudiante de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, (Perú).

<sup>4</sup>Estudiante de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, (Perú).

<sup>5</sup>Docente de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, (Perú). Maestro en Ciencias (Magister Scientiae) con mención en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible.

### **Resumen**

Esta investigación, realizada en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, evaluó la eficiencia de un coagulante natural extraído de la cáscara de Carica papaya para el tratamiento de aguas grises destinadas al riego hortícola. En laboratorio, usando un diseño completamente al azar, se probaron tres dosis de coagulante: 50, 100 y 150 mg/L. Se analizó su capacidad para reducir turbidez, sólidos suspendidos totales (SST) y color en muestras de agua gris, recolectadas de papayas verdes en mercados locales. Las cáscaras se lavaron, secaron a 50°C durante 24 horas, trituraron y tamizaron hasta obtener polvo fino, siguiendo un procedimiento adaptado de Gómez & Medina. Las pruebas de jarras, realizadas según Balda (2021), consistieron en agitación rápida por 1 minuto a 100 rpm y sedimentación por 30 minutos, usando 250 mL de agua gris por tratamiento. Los resultados mostraron que la dosis de 150 mg/L fue la más eficiente, logrando una remoción de SST del 71,6 %, seguida por 100

mg/L con 65,3 % y 50 mg/L con 59,8 %. Para el color, la mayor remoción fue con 100 mg/L (25,4 %). La ANOVA reveló diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.001$ ), y la prueba de Tukey confirmó que 150 mg/L fue la dosis más efectiva. En conclusión, el coagulante natural de Carica papaya demostró ser eficiente en la remoción de turbidez en aguas grises, destacando su potencial como alternativa económica para su uso en riego hortícola y manejo sostenible del recurso hídrico, especialmente en contextos rurales y educativos.

**Palabras clave:** Aguas grises, Carica papaya, Coagulante, Porcentaje de remoción, Riego hortícola.

### **Abstract**

This research, carried out at the Jorge Basadre Grohmann National University, evaluated the efficiency of a natural coagulant extracted from the peel of Carica papaya for the treatment of greywater intended for horticultural irrigation. In the laboratory, using a completely

randomized design, three coagulant doses were tested: 50, 100, and 150 mg/L. Their ability to reduce turbidity, total suspended solids (TSS), and color was analyzed in greywater samples collected from green papayas in local markets. The peels were washed, dried at 50°C for 24 hours, crushed, and sieved into fine powder, following a procedure adapted from Gómez & Medina. Jar tests, performed according to Balda (2021), consisted of rapid stirring for 1 minute at 100 rpm and sedimentation for 30 minutes, using 250 mL of greywater per treatment. The results showed that the 150 mg/L dosage was the most efficient, achieving 71.6% TSS removal, followed by 100 mg/L with 65.3% and 50 mg/L with 59.8%. For color, the highest removal rate was 100 mg/L (25.4%). ANOVA revealed statistically significant differences ( $p < 0.001$ ), and the Tukey test confirmed that 150 mg/L was the most effective dosage. In conclusion, the natural coagulant from *Carica papaya* proved efficient in removing turbidity in graywater, highlighting its potential as an economical alternative for use in horticultural irrigation and sustainable water resource management, especially in rural and educational settings.

**Keywords:** Graywater, *Carica papaya*, Coagulant, Removal percentage, Horticultural irrigation.

### **Sumario**

Esta pesquisa, realizada na Universidade Nacional Jorge Basadre Grohmann, avaliou a eficiência de um coagulante natural extraído da casca de *Carica papaya* para o tratamento de águas cinzas destinadas à irrigação hortícola. Em laboratório, utilizando um delineamento inteiramente casualizado, foram testadas três doses de coagulante: 50, 100 e 150 mg/L. Sua capacidade de reduzir a turbidez, os sólidos suspensos totais (SST) e a cor foi analisada em amostras de águas cinzas coletadas de mamões verdes em mercados locais. As cascas foram lavadas, secas a 50 °C por 24 horas, trituradas e peneiradas até formar um pó fino, seguindo um procedimento adaptado de Gómez & Medina. Os testes de jar, realizados de acordo com Balda (2021), consistiram em agitação rápida por 1

minuto a 100 rpm e sedimentação por 30 minutos, utilizando 250 mL de águas cinzas por tratamento. Os resultados mostraram que a dosagem de 150 mg/L foi a mais eficiente, alcançando 71,6% de remoção de SST, seguida por 100 mg/L com 65,3% e 50 mg/L com 59,8%. Para a cor, a maior taxa de remoção foi de 100 mg/L (25,4%). A ANOVA revelou diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0,001$ ), e o teste de Tukey confirmou que 150 mg/L foi a dosagem mais eficaz. Em conclusão, o coagulante natural de *Carica papaya* demonstrou ser eficiente na remoção de turbidez em águas cinzas, destacando seu potencial como uma alternativa econômica para uso em irrigação hortícola e gestão sustentável de recursos hídricos, especialmente em ambientes rurais e educacionais.

**Palavras-chave:** Águas cinzas, *Carica papaya*, Coagulante, Porcentagem de remoção, Irrigação hortícola.

### **Introducción**

En el contexto actual de creciente escasez de agua y necesidad de prácticas sostenibles, el tratamiento y reúso de aguas grises se presenta como una alternativa viable para optimizar el recurso hídrico, especialmente en zonas urbanas y educativas. Las aguas grises, provenientes principalmente de lavabos, duchas y lavandería, contienen niveles moderados de contaminantes que, si se tratan adecuadamente, pueden ser reutilizadas de manera segura en actividades no potables como el riego agrícola. En este marco, la búsqueda de soluciones ecoeficientes ha impulsado la investigación sobre el uso de coagulantes naturales como una opción sustentable frente a los productos químicos convencionales. Entre ellos, la *Carica papaya*, una planta de origen tropical ampliamente cultivada en el Perú, ha demostrado poseer propiedades coagulantes efectivas gracias a los compuestos bioactivos presentes en sus semillas, como proteínas y enzimas capaces de aglutinar partículas suspendidas (Amran et al., 2022).

En el Perú, la creciente contaminación de los cuerpos de agua superficiales representa una amenaza significativa para la salud pública y el equilibrio ambiental. Las fuentes hídricas como ríos, pozas y quebradas están siendo afectadas por descargas de aguas residuales domésticas sin tratamiento adecuado, especialmente en zonas urbanas en expansión, como el distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa en Tacna, donde la ausencia de sistemas de potabilización en lugares como las Pozas de Arunta genera infiltraciones hacia aguas subterráneas, afectando su calidad y disponibilidad (López & Bejar, 2024).

Esta situación se agrava durante las temporadas de lluvias, cuando los ríos como el Llullan, Paria y Chucchun incrementan su turbidez, haciendo inviable su uso directo sin un proceso previo de clarificación. Frente a este panorama, se hace evidente la necesidad de aplicar soluciones sostenibles, de bajo costo y adecuadas al contexto local. Diversos estudios han demostrado que los coagulantes naturales, como las semillas de *Carica papaya*, la penca de pitahaya, la *Opuntia ficus indica*, así como especies andinas como la mashua, la papa, la tara y el trigo, presentan una alta eficiencia en la remoción de turbidez, sólidos suspendidos y demanda biológica de oxígeno, sin alterar significativamente el pH del agua tratada (Dávila et al., 2019; Amran et al., 2021; Jaco et al., 2022). Estas investigaciones reflejan una alternativa viable frente al uso de coagulantes químicos, promoviendo una gestión más responsable del recurso hídrico, con énfasis en el reúso de aguas grises para riego hortícola y la potabilización de aguas superficiales. En consecuencia, se hace urgente promover el desarrollo y la aplicación de tecnologías basadas en insumos naturales que respondan a la problemática hídrica nacional, mejorando la calidad del agua disponible para la población,

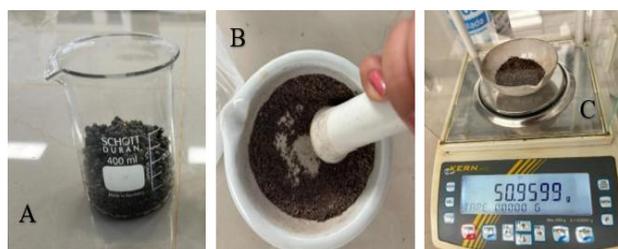
especialmente en regiones donde el acceso a servicios de saneamiento aún es limitado. La presente investigación se desarrolla en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann con el propósito de evaluar la eficacia del coagulante natural de *Carica papaya* en el tratamiento de aguas grises para su posterior reutilización en el riego de cultivos hortícolas. Esta propuesta busca no solo promover la sostenibilidad ambiental dentro del campus universitario, sino también fomentar el uso de tecnologías limpias y de bajo costo accesibles a comunidades con recursos limitados, contribuyendo así a una gestión responsable del agua en el ámbito académico y social.

### **Materiales y Métodos**

Esta investigación tuvo como objetivo analizar la efectividad del coagulante natural obtenido a partir de la cáscara de *Carica papaya* (papaya verde) en el tratamiento de aguas grises destinadas al riego hortícola. Para ello, se implementó un diseño completamente al azar (DCA) en un entorno de laboratorio, en el cual se dosificaron distintas concentraciones del coagulante con el fin de medir su impacto sobre tres parámetros principales: sólidos suspendidos totales (SST), color y fósforo total. La turbidez se midió utilizando un turbidímetro HANNA HI-93703, siguiendo el procedimiento descrito por Medidor portátil de turbidez compatible con ISO (s.f.). La calibración se realizó con soluciones estándar (HI-93703-0, HI-93703-10, HI-93703-500), conforme al protocolo del fabricante. Las muestras fueron homogenizadas, colocadas en viales libres de burbujas y analizadas en aproximadamente 25 s por lectura.

El pH se determinó con un potenciómetro Thermo Scientific Orion 4 Star, calibrado previamente con soluciones tampón de pH 4, 7 y 10. Las lecturas se realizaron directamente en

las muestras, tras el enjuague y secado del electrodo. La eficiencia de los coagulantes se evaluó mediante la prueba de jarras (Balda, 2021), empleando 250 mL de agua gris por tratamiento. Se ensayaron dosis de 50, 100 y 150 mg/L de coagulante. La mezcla rápida se efectuó durante 1 min a 100 rpm, seguida de una fase de sedimentación estática de 30 min. Mucílago de *Carica Papaya* para las semillas de la *Carica papaya* se obtuvieron de los residuos generados en los hogares, otro de los puntos a recolectar es en las juguerías de los diferentes mercados. Las semillas obtenidas de la papaya son depositadas en un recipiente; posteriormente, se lavan minuciosamente con abundante agua para eliminar el mucílago. Una vez separados, se coloca en otro recipiente, se agrega agua destilada y se mezcla durante minutos con el objetivo principal de eliminar cualquier impureza. Después se elimina el exceso de agua de las semillas utilizando un colador y se procede a medir su peso total. A continuación, se lleva a cabo el secado de las semillas en una estufa a una temperatura de 70°C durante una hora, tomando como referencia el trabajo de Gómez y Medina (2021). Se procede a triturar con un mortero para luego tamizar y formar el polvo fino, se recoge en un recipiente cerrado hasta utilizarlo en el agua gris (Figura 2). La administración de dosis del coagulante, se basa en el trabajo de Barbarán et al. (2017) donde el primer tratamiento se está basando en una dosis de 5gr de coagulante por litro, el segundo tratamiento es de 10gr por litro y siendo el tercer tratamiento con 15gr por litro.



**Figura 1:** Elaboración del mucílago

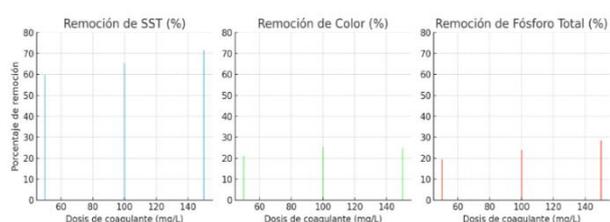
A) Semillas de papaya; B) Molienda, post secado; C) Pesaje de la dosis. Se emplearon distintos equipos y materiales de laboratorio como espectrofotómetro, balanza analítica, horno, termoreactor, molino, desecador, equipo de jarras y filtros de fibra de vidrio, además de cristalería y reactivos como persulfato de potasio, hidróxido de sodio y agua desmineralizada. El análisis estadístico de los datos fue desarrollado mediante los programas Microsoft Excel, empleándose pruebas de ANOVA y Tukey para determinar la dosis óptima de coagulante y establecer diferencias significativas entre tratamientos.

### **Resultados y Discusión**

La presente investigación tuvo como finalidad evaluar la eficacia del coagulante natural extraído de la cáscara de *Carica papaya* en la remoción de contaminantes presentes en aguas grises, con el propósito de reutilizarlas en el riego hortícola. Se aplicaron tres dosis del coagulante natural (50, 100 y 150 mg/L) en pruebas de jarras, evaluando su efecto sobre los parámetros de sólidos suspendidos totales (SST), color y fósforo total. Los resultados obtenidos fueron comparados con un tratamiento convencional a base de sulfato de aluminio. Los análisis mostraron que la mayor eficiencia en la remoción de sólidos suspendidos totales se logró con la dosis de 150 mg/L, alcanzando un promedio de remoción del 71,6 %, mientras que las dosis de 100 mg/L y 50 mg/L presentaron eficiencias del 65,3 % y 59,8 %, respectivamente. Estos resultados indican que, a mayor concentración del coagulante natural, se incrementa la remoción de material particulado, aunque con diferencias moderadas entre tratamientos.

En cuanto al parámetro de color, se observó una remoción máxima del 25,4 % con la dosis de 100 mg/L, ligeramente superior a las dosis de

150 mg/L (24,7 %) y 50 mg/L (21,1 %), lo que sugiere una capacidad intermedia de eliminación de compuestos cromóforos. Por otro lado, la remoción de fósforo total fue más destacada en la dosis de 150 mg/L, con un promedio de 28,5 %, superando a las dosis de 100 mg/L (23,9 %) y 50 mg/L (19,4 %), aunque sin alcanzar los niveles requeridos para una descarga segura al medio ambiente (Figura 2).



**Figura 2.** Comparativos del porcentaje de remoción de SST, color y fósforo total

### Remoción de sólidos suspendidos totales (SST)

Se observa una tendencia ascendente clara. A medida que aumenta la dosis del coagulante, mejora la eficiencia de remoción. Con 50 mg/L se logra una remoción de 59,8 %, con 100 mg/L sube a 65,3 %, y con 150 mg/L alcanza un máximo de 71.6 %. Este comportamiento indica que el coagulante natural tiene una alta capacidad para remover partículas en suspensión, siendo más efectivo a mayores concentraciones.

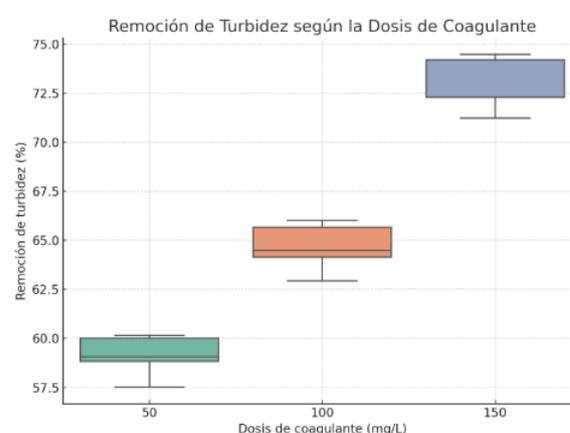
### Remoción de color

En este caso, la remoción no presenta una tendencia creciente constante. La mayor eficiencia se alcanza con 100 mg/L (25,4 %), ligeramente superior a la obtenida con 150 mg/L (24,7 %) y considerablemente mejor que con 50 mg/L (21,1 %). Esto sugiere que hay una dosis óptima intermedia para remover compuestos responsables de la coloración del agua, pero que el incremento en la dosis no garantiza una mejora continua en este parámetro. Aquí sí se presenta una mejora

progresiva. Con 50 mg/L se obtiene una remoción del 19.4 %, con 100 mg/L se incrementa a 23.9 %, y con 150 mg/L se alcanza el valor más alto con 28.5 %.

**Figura 3.** Remoción de turbidez

En la figura 3, se observa una tendencia clara: a mayor dosis, mayor remoción de SST, asimismo, la mayor remoción se da con 100 mg/L, pero no hay una relación lineal tan clara como con los SST. Finalmente, la remoción



creciente y sostenida con la dosis, indicando que el coagulante natural es también útil para reducir fósforo en aguas grises.

**Tabla 1.** Porcentaje de remoción

Dosis (mg/L)	Turbidez inicial (NTU)	Turbidez final (NTU)	Remoción promedio (%)
50	91.5	36.6	60.0
100	99.8	33.9	66.0
150	109.9	30.7	72.0

Fuente: elaboración propia

Los resultados mostraron que con una dosis de 50 mg/L, la turbidez inicial promedio fue de 91,5 NTU, reduciéndose a un valor final de 36,6 NTU, lo que representa una remoción del 60,0 %. Para la dosis de 100 mg/L, la turbidez promedio fue de 99,8 NTU, disminuyendo hasta 33.9 NTU, con una remoción del 66,0 %. Finalmente, la dosis de 150 mg/L partió de una

turbidez promedio de 109.9 NTU, logrando una reducción hasta 30,7 NTU, lo que equivale a una remoción del 72,0 % (Tabla 1).

**Tabla 2.** *Análisis de Varianza (ANOVA)*

Variación	Suma de cuadrados	gl	F	p-valor
Dosis	481.31	2	158.69	< 0.001
Error	18.20	12		
Total	499.51	14		

Nota. Existen diferencias estadísticamente significativas entre las dosis aplicadas ( $p < 0.001$ ).

**Tabla 3.** *Prueba de Tukey - Comparaciones múltiples*

Comparación	Diferencia de medias (%)	P-valor	Significancia
50 vs 100	≈ 6.0	0.001	Sí
50 vs 150	≈ 12.0	0.001	Sí
100 vs 150	≈ 6.0	0.002	Sí

Nota. La dosis de 150 mg/L mostró mayor eficiencia en la remoción de turbidez en comparación con las otras dosis, siendo estadísticamente significativa.

Los análisis estadísticos mediante ANOVA (Tabla 2) y prueba de Tukey (Tabla 3) confirmaron que las diferencias en la remoción de sólidos suspendidos totales entre las tres dosis fueron significativas, estableciendo a la dosis de 150 mg/L como la más efectiva. En cambio, para el parámetro de color, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, lo cual indica que el incremento de dosis no produce mejoras sustanciales en estos parámetros. La dosis de 150 mg/L concentra los mayores valores de remoción, con menor dispersión y mayor consistencia en los resultados. Estos hallazgos respaldan el uso del coagulante natural de *Carica papaya* como una alternativa funcional y sostenible para el tratamiento primario de aguas grises, principalmente por su alta

capacidad para remover sólidos suspendidos. Además, el uso de residuos de papaya como materia prima reduce costos y promueve una gestión responsable de los recursos. Su aplicación en contextos educativos o rurales puede ser clave para fomentar prácticas agroecológicas y el reúso del agua con fines agrícolas no restrictivos.

### Conclusiones

Comparando los antecedentes, se confirma que los resultados obtenidos en esta investigación son consistentes con estudios previos tanto nacionales como internacionales. La eficiencia del coagulante natural de *Carica papaya* en la remoción de turbidez lo posiciona como una alternativa viable, ecológica y accesible frente a productos químicos convencionales. Su aplicación en contextos como el tratamiento de aguas grises con fines de riego hortícola, especialmente en entornos educativos o rurales, es altamente prometedora. El coagulante natural de *Carica papaya* demostró ser eficiente para la remoción de turbidez en aguas grises, especialmente en dosis de 150 mg/L, donde se alcanzó un valor de remoción cercano al 72 %. Los resultados estadísticos validan su aplicación como una alternativa ecológica y de bajo costo para el tratamiento primario de aguas reutilizables en riego hortícola.

### Agradecimientos

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann y a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental por su apoyo y colaboración en la presente investigación. Su dedicación y compromiso han sido fundamentales para el éxito de este proyecto, enriqueciendo significativamente nuestro conocimiento en el área de las ciencias ambientales.

### Referencias Bibliográficas

- Amran, A., Bahrodin, M., Zaidi, N., Muda, K., Aris, A., Azrimi, N., Mohd, M., & Syafiuddin, A. (2022a). Turbid water treatment using deshelled carica papaya seed: Analysis via factorial design. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 12(6), 7787–7795. <https://doi.org/10.33263/BRIAC126.77877795>
- Amran, A., Zaidi, N., Syafiuddin, A., Zhan, L. Z., Bahrodin, M., Mehmood, M., & Boopathy, R. (2021b). Potential of carica papaya seed-derived bio-coagulant to remove turbidity from polluted water assessed through experimental and modeling-based study. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/app11125715>
- Balda, G. (2021). *Manual de tratamiento de aguas residuales domésticas mediante coagulantes naturales*. Editorial Técnica Ambiental.
- Barbarán, A., López, R., & Chico, C. (2017). Aplicación de coagulantes naturales en el tratamiento de aguas grises en comunidades rurales. *Revista de Tecnología y Ciencia Ambiental*, 12(3), 45–56.
- Dávila, C., Huamán, M., Flores, J., Polo, R., & Araujo, N. (2019). Efectividad de especies naturales como ayudantes de Coagulación, para la clarificación de aguas turbias en épocas de avenidas en caseríos y centros poblados de Huaraz y Callejón de Huaylas. *Aporte Santiaguino*, 11(2), pág. 299–310. <https://doi.org/10.32911/as.2018.v11.n2.583>
- Dollah, Z., Masbol, N. H., Musir, A. A., Karim, N. A., Hasan, D., & Tammy, N. J. (2021). Utilization of citrus microcarpa peels and papaya seeds as a natural coagulant for turbidity removal. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 920(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/920/1/012001>
- Gómez, M., & Medina, L. (2021). Obtención y aplicación de mucílago de semillas de papaya en procesos de coagulación-floculación de aguas residuales. *Revista Ciencia y Ambiente*, 18(2), 133–141.
- HANNA Instruments. (s.f.). *Medidor portátil de turbidez compatible con ISO HI-93703*. <https://www.hannainst.com/hi93703-portable-turbidity-meter-iso.html>
- Husen, A., Bidira, F., Mekonin, W., & Asaithambi, P. (2024). COD, color, and turbidity reduction from surface water using natural coagulants: Investigation and optimization. *Progress in Engineering Science*, 1(2–3), 100007. <https://doi.org/10.1016/j.pes.2024.100007>
- Jaco, E., Gómez, W., Loroña, F., Zamora, N., & Huaman, N. (2022). Eficiencia de la Opuntia ficus indica como coagulante para el tratamiento de las aguas residuales grises y su aplicación en un sistema piloto. *Ingeniería el Agua*, 26(3), 157–171. <https://doi.org/10.4995/ia.2022.17478>
- López, K., & Bejar, K. (2024). Remoción de turbidez mediante aplicación de coagulantes naturales de papaya y pitahaya en aguas residuales. *Sciencevolution*, 4(12), 133–142. <https://doi.org/10.61325/ser.v4i12.138>
- Ministerio del Ambiente. (2017). Artículo 3 de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua. D.S. N° 0004-2017. Lima, Perú.
- Nieto, J., Torres, A., Botero, A., & Hernández, F. (2021). Pharmaceuticals and environmental risk assessment in municipal wastewater treatment plants and rivers from Peru. *Environment International*, 155. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106674>
- Silva, M. (2017). Extracción del mucílago de la penca de tuna y su aplicación en el proceso de coagulación-floculación de aguas turbias. Lima, Perú.
- Solares, A. (2023). *Evaluación de la enzima papaína extraída de la cáscara de papaya (Carica papaya L.) como coagulante natural a nivel laboratorio, en el tratamiento de aguas residuales de una industria embotelladora de agua carbonatada*. [Título de Ingeniero Químico - Universidad de San Carlos de Guatemala], Guatemala. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/18282>
- Thermo Scientific. (s.f.). Orion 4 Star pH/ISE Benchtop Multiparameter Meter. *Thermo*

*Fisher*

<https://www.thermofisher.com/>

*Scientific.*



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional. Copyright © Marco Abad Mendoza Atahuachi, Kely Paola Suricallo Menéndez, Alesandra del Rosario Guillermo Apaza y Nathalie Fabiana Valderrama Maquera y Jorge Fernando Pacompia Vega

