

**EVALUACION DE LA SEMILLA DE MANGO (*Mangifera Indica L*) COMO
COAGULANTE NATURAL EN LA POTABILIZACION DE AGUA EN LA CUENCA
ALTA DEL RIO CESAR EN EL MUNICIPIO SAN JUAN-GUAJIRA**



AUTORES:

DANIELA VALENTINA OÑATE JIMENEZ

CESAR MANUEL OVIEDO MATOS

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

VALLEDUPAR – CESAR

2025

**EVALUACION DE LA SEMILLA DE MANGO (*Mangifera Indica L*) COMO
COAGULANTE NATURAL EN LA POTABILIZACION DE AGUA CRUDA EN LA
CUENCA ALTA DEL RIO CESAR EN EL MUNICIPIO SAN JUAN-GUAJIRA**

AUTORES:

DANIELA VALENTINA OÑATE JIMENEZ
CESAR MANUEL OVIEDO MATOS

DIRECTOR

JOSE MAURICIO PEREZ ROYERO
MAGISTER EN CIENCIAS AMBIENTALES

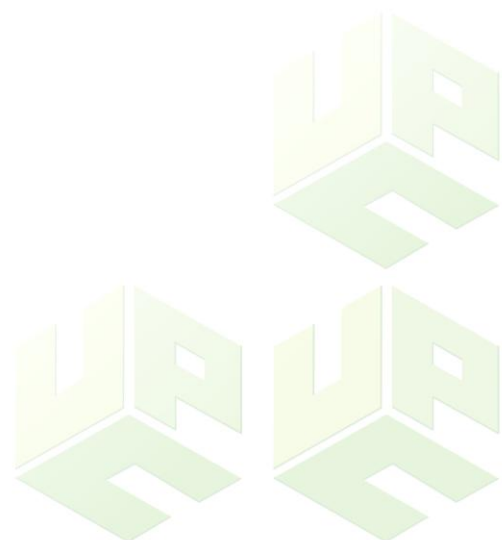
UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR – CESAR

2025

RESUMEN

El presente estudio evaluó la semilla de mango (*Mangifera indica* L) como coagulante natural en la potabilización del agua cruda proveniente de la cuenca alta del río Cesar, en el municipio de San Juan del Cesar, La Guajira. Inicialmente, se caracterizó el agua cruda en parámetros como pH, turbidez, sólidos suspendidos totales (SST), dureza y alcalinidad, en época de lluvia y época seca. A través de pruebas de jarras, se determinó que la dosis óptima del coagulante natural fue de 4 ml/L, alcanzando una remoción de turbidez del 91.25 %. Otros valores relevantes fueron con la semilla de mango maduro de 4 ml, logrando un porcentaje de remoción de turbidez del 89,62%, también una reducción del 78.2 % en la prueba con 6 ml/L y del 85.2 % con 3 ml/L. En comparación, el sulfato de aluminio logró una remoción del 86.6 % con su dosis óptima de 8 ml/L. Los resultados indican que la semilla de mango demostró ser un coagulante natural efectivo y una alternativa viable al sulfato de aluminio, con la ventaja adicional de ser biodegradable y de menor impacto ambiental.

Palabras clave: Coagulante natural, *Mangifera Indica* L., turbidez, coagulación, remoción.



ABSTRACT

This study evaluated mango seed (*Mangifera indica L.*) as a natural coagulant for the purification of raw water from the upper basin of the Cesar River in San Juan del Cesar, La Guajira. Initially, the raw water was characterized in terms of pH, turbidity, total suspended solids (TSS), hardness, and alkalinity during the rainy and dry seasons. Through jar tests, the optimal dosage of the natural coagulant was determined to be 4 ml/L, achieving a turbidity removal efficiency of 91.25%. Other significant results included a turbidity reduction of 89.62% using 4 ml/L of ripe mango seed, 78.2% with 6 ml/L, and 85.2% with 3 ml/L. In comparison, aluminum sulfate achieved an 86.6% turbidity removal efficiency at its optimal dosage of 8 ml/L. The results indicate that mango seed proved to be an effective natural coagulant and a viable alternative to aluminum sulfate, with the additional benefits of being biodegradable and having a lower environmental impact.

Keywords: Natural coagulant, *Mangifera indica L.*, turbidity, coagulation, removal.



TABLA DE CONTENIDO

1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.1	FORMULACION DEL PROBLEMA.....	14
2.	JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	15
3.	OBJETIVOS	17
3.1	OBJETIVO GENERAL.....	17
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
4.	MARCO REFERENCIAL.....	18
4.1	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
4.1.1	Antecedentes internacionales.....	18
4.1.2	Antecedentes Nacionales	20
4.2	MARCO TEÓRICO.....	22
4.2.1	Agua.....	22
4.2.2	Calidad del agua.....	23
4.2.3	Parámetros.....	23
4.2.4	Procesos de clarificación de agua	26
4.2.5	Agentes coagulantes.....	27
4.2.6	DESCRIPCION DE LA SEMILLA DE MANGO (Mangifera Indica L)	28
4.3	MARCO CONCEPTUAL	30
4.4	MARCO CONTEXTUAL	33
4.4.1	Localización de la cuenca alta del río Cesar en el municipio de san Juan.....	33
4.4.2	Localización del proyecto	34
4.5	MARCO LEGAL.....	35

5.	MARCO METODOLÓGICO.....	38
5.1	LÍNEA, SUBLÍNEA Y ÁREA TEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN.....	38
5.2	TIPO DE LA INVESTIGACIÓN.....	38
5.3	NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.....	38
5.4	POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	38
5.5	MUESTRA POBLACIONAL.....	39
5.6	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	39
5.7	ESTRATEGIA Y DESARROLLO METODOLÓGICO.....	39
5.7.1	Etapa 1 Caracterizar fisicoquímicamente (pH, Turbidez, SST, alcalinidad y dureza) para analizar sus condiciones de calidad.....	39
5.7.2	Etapa 2 Determinar la dosis optima del coagulante natural a través de un montaje piloto (prueba de jarras).....	42
5.7.3	Etapa3: Comparar la Efectividad de la Mangifera Indica L como Coagulante con Respecto al Sulfato de Aluminio.....	45
6.	RESULTADO Y ANALISIS.....	46
7.	CONCLUSIONES.....	70
8.	RECOMENDACIONES.....	72
9.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de mango	28
Figura 2. Fruta de Mangifera indica	29
Figura 3. Localización geográfica de San Juan del Cesar	34
Figura 4. Cuenca alta del rio Cesar-Puente sobre el rio Cesar.....	34
Figura 5. Semillas de Mangifera indica secas(madura)	49
Figura 6. Semillas de Mangifera indica secas (verdes).....	49
Figura 7. Harina resultante de la molienda de Mangifera indica (madura)	50
Figura 8. Harina resultante de la molienda de Mangifera indica (verde)	51
Figura 9. Solución coagulante de Mangifera indica	52
Figura 10. Solución coagulante de sulfato de aluminio.....	52
Figura 11. Pruebas de jarras.....	56

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. composición Mangifera indica L	29
Tabla 2. Normativa ambiental del agua	35
Tabla 3. Niveles Permisibles.....	45
Tabla 4. Resultados de los análisis Físicoquímicos de la muestra 1(época de lluvia).....	46
Tabla 5. Resultados de los análisis físicoquímicos de la muestra 2(época de verano).....	47
Tabla 6. Dosificación del coagulante.....	53
Tabla 7. Resultados de la prueba 1	54
Tabla 8. Resultados de la prueba 3	56
Tabla 9. Resultados de la prueba 4	57
Tabla 10. Resultados de la prueba 5	58
Tabla 11. Resultados de la prueba 6	59
Tabla 12. Resultados de la prueba con Sulfato de Aluminio.....	60
Tabla 13. Comparación de resultados entre coagulantes	63

7. CONCLUSIONES

El desarrollo del presente proyecto tuvo como propósito evaluar el uso de la semilla de mango (*Mangifera indica* L.) como coagulante natural en el proceso de potabilización de agua cruda proveniente de la cuenca alta del río Cesar, en el municipio de San Juan, La Guajira. A partir de los resultados obtenidos, se concluye que la semilla de mango, principalmente en estado maduro, es una alternativa viable y eficiente para la remoción de turbidez del agua cruda, mostrando capacidades coagulantes comparables a las del sulfato de aluminio en las condiciones evaluadas.

La caracterización del agua cruda se evidenció que las muestras analizadas presentaron parámetros como pH, dureza y alcalinidad dentro de los rangos permitidos por la normativa vigente. Sin embargo, la turbidez y los sólidos suspendidos totales (SST) sobrepasaron los límites establecidos, especialmente durante la temporada de lluvias. Esto reafirma que el parámetro crítico en la calidad del agua de la zona es la turbidez, por lo que resulta fundamental optimizar los procesos de coagulación y floculación en el tratamiento de esta fuente hídrica.

Mediante las pruebas de jarras se logró determinar que la dosis óptima del coagulante natural de semilla de mango se ubicó alrededor de los 200 mg/L, alcanzando porcentajes de remoción de turbidez superiores al 90 % en muestras con alta turbidez inicial (superior a 250 NTU). No obstante, se identificaron diferencias significativas entre el uso de semilla de mango verde y madura. La semilla verde aportó coloración al agua tratada debido a la presencia de compuestos fenólicos y taninos, lo que en algunos casos obligó a descartar las pruebas. En cambio, la semilla madura mostró mejores resultados, ya que presentó menor liberación de colorantes y logró una reducción más efectiva de la turbidez.

Al comparar el coagulante natural con el coagulante químico tradicional (sulfato de aluminio), se observó que ambos lograron resultados similares en cuanto a la reducción de turbidez, con eficiencias superiores al 85 %. Sin embargo, el coagulante natural de semilla de mango presentó ventajas desde el punto de vista ambiental y económico, al tratarse de un subproducto agroindustrial abundante en la región, que podría aprovecharse como insumo en

comunidades rurales, reduciendo la dependencia de químicos y promoviendo el aprovechamiento de residuos orgánicos.

En conclusión, la semilla de mango (*Mangifera indica* L.), especialmente en su estado maduro, se consolida como una alternativa eficiente, económica y ambientalmente sostenible para la reducción de turbidez en el agua cruda de la cuenca alta del río Cesar en el municipio de San Juan – La Guajira. Su aplicación puede ser una solución adecuada para comunidades con dificultades de acceso a coagulantes químicos, siempre que se realice un control cuidadoso de la dosis para evitar problemas de sobredosificación y coloración del agua tratada.

8. RECOMENDACIONES

- Es recomendable ampliar el estudio incluyendo diferentes condiciones de calidad del agua cruda en distintas épocas del año, para evaluar la variabilidad de la efectividad del coagulante natural de semilla de mango (*Mangifera indica* L.) bajo distintos escenarios ambientales y de contaminación.
- Se sugiere analizar la viabilidad de implementar el coagulante natural en sistemas de tratamiento de agua a gran escala, considerando factores operativos como la dosificación automática, almacenamiento y conservación del coagulante para garantizar su efectividad a largo plazo.
- Se recomienda realizar pruebas complementarias para evaluar el impacto del coagulante de semilla de mango sobre otros parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua, tales como materia orgánica, metales pesados y contaminantes emergentes, con el fin de ampliar el conocimiento sobre sus efectos en la potabilización del agua.
- Es importante optimizar el proceso de obtención y preparación del coagulante natural, incluyendo estudios sobre la estabilidad y conservación del extracto de semilla de mango, para garantizar su aplicabilidad en plantas de tratamiento de agua potable.
- Se recomienda llevar a cabo un análisis económico detallado para comparar los costos de producción y aplicación del coagulante natural con respecto al sulfato de aluminio, considerando tanto los costos directos como los indirectos relacionados con la disposición de lodos y el impacto ambiental.

- Dado que los coagulantes naturales pueden producir menor cantidad de lodos residuales en comparación con los coagulantes químicos, se recomienda analizar la composición y posibles usos de los lodos generados en el proceso de clarificación del agua, promoviendo su aprovechamiento en otras aplicaciones industriales o agrícolas.
- Se sugiere evaluar la aceptabilidad y factibilidad del uso de coagulantes naturales en comunidades rurales y plantas de tratamiento con tecnologías convencionales, incluyendo capacitación a los operadores de plantas de agua para su correcta dosificación y manejo.
- Se recomienda tener en cuenta que el coagulante fue filtrado luego de prepararse al 5 % de concentración, lo cual puede haber modificado su concentración efectiva. Para futuras investigaciones, se sugiere evaluar el impacto del filtrado sobre la eficiencia del coagulante.
- Es recomendable que futuros estudios incluyan comparaciones con otros coagulantes naturales disponibles en la región, con el fin de identificar la mejor alternativa en términos de eficiencia, disponibilidad y sostenibilidad.
- Se sugiere que otros estudiantes y centros académicos utilicen esta investigación como referencia para el desarrollo de nuevos estudios que contribuyan al fortalecimiento de tecnologías de tratamiento de agua más sostenibles y accesibles.
- Se recomienda el patrocinio y apoyo institucional para la continuidad del estudio en la aplicación del coagulante natural de semilla de mango, con el objetivo de escalar su uso a niveles industriales y promover su implementación en comunidades con acceso limitado a tecnologías avanzadas de potabilización.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Public Health Association (APHA). (1998). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th edition. American Public Health Association, Washington D.C.
- Arboleda, J. (1972). Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria (CEPIS). Organización Panamericana de la Salud (OPS). Serie Técnica. Vol. 13. 558 p. Lima, Perú
- Asrafuzzaman, Fakhruddin & Hossain (Marzo, 2014). Reduction of Turbidity of Water Using Locally Available Natural Coagulants. International Scholarly Research Network. <https://downloads.hindawi.com/archive/2011/632189.pdf>
- Aznar A. (2012). Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2926089>
- Barrenechea, A. (2004). OPS/CEPIS. Tratamiento de Agua para Consumo Humano. Manual I, Tomo I Capítulo 1: Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua, Lima, Perú
- CEPIS. (1975). Centro panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias de ambiente, Polímeros naturales y su aplicación como ayudantes de floculación, Lima, Peru.
- Feria, Altamiranda, Soto. (Octubre, 2020). Uso de semillas de Tamarindus indica como coagulante natural en el tratamiento de agua cruda. Revista Espacios. <https://www.revistaespacios.com/a20v41n38/a20v41n38p17.pdf>
- Davila C., Huaman M., Flores J., Polo R, Araujo N. (Enero, 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. http://revistas.unasam.edu.pe/index.php/Aporte_Santiaguino/article/view/583
- Alvarez T. (Septiembre, 2016). USO DE LA SEMILLA DE TAMARINDO (TAMARINDUS INDICA) COMO COAGULANTE ORGÁNICO EN PROCESOS DE COAGULACIÓN-

FLOCULACIÓN EN EL TRATAMIENTO DE AGUA PARA POTABILIZACIÓN.

http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0530_MT.pdf

Oliveros K. (febrero, 2022). ANÁLISIS DEL USO DE LA MOLIENDA DE LA SEMILLA DE MANGO CRIOLLO (MANGIFERA INDICA) COMO COAGULANTE ORGÁNICO EN EL TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

<http://www.repositorio.usac.edu.gt/16617/1/Irasema%20Karina%20Oliveros%20God%C3%ADnez.pdf>

Hernandez C. Miluska B. (2019). Evaluación del Uso de Semillas de Mangifera Indica L (Mango) Como Coagulante Natural Para El Tratamiento de Aguas Residuales de La Ptar Munives de VES – Lima.

http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/187/1/Carpio_Brenda_Trabajo_Suficiencia_2019.pdf

Cogollo, J. (2010). Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados: caso del hidroxiclورو de aluminio, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

Conabio, (2000). Estrategia nacional sobre biodiversidad de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/estrategia_nacional/doctos/pdf/ENB.pdf

CONTYQUIM (2022). <https://contyquim.com/>

Etienne, G. (2009). Potabilización y tratamiento de agua. 1ra Edición electrónica

Feria J, Bermúdez S., Estrada A. (Noviembre, 2014). Eficiencia de la semilla Moringa Oleífera como coagulante natural para la remoción de la turbidez del río Sinú.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5001920>

Fernandez C. (Marzo, 2015). El agua: un recurso esencial. Revista Química Viva.

<https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>

Fuentes L, Salamanca M., Mendoza I., Hernandez B. (Junio, 2013) Semillas de tamarindo (Tamarindus indica) como coagulante en aguas con alta turbiedad.

https://www.researchgate.net/publication/341056924_Semillas_de_tamarindo_Tamarindus_indica_como_coagulante_en_aguas_con_alta_turbiedad

García, M. (2013). Protocolo para la determinación de turbidez, Universidad de la Guajira

González, Y.; Marcano, N.; Mendoza, I.; Fuentes, L. (2009). Efectividad de una suspensión de *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (Cactaceae) en la clarificación de aguas sintéticas con alta turbidez. *Revista Impacto Científico*. Vol.4, No. 2. p. 361-374

IDEAM, Estudio Nacional del Agua (Julio, 2015).
https://www.andi.com.co/Uploads/ENA_2014.pdf

National Academy of Sciences (Septiembre, 1979).
<https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.76.9.4709>

Chaparro, S., Lara, A., Amador, A., Suarique, S., Zambrano, J., González, J., (07 de julio de 2015). Caracterización funcional de la almendra de las semillas de mango (*Mangifera indica* L.). ResearchGate. Recuperado de
https://www.researchgate.net/publication/293014335_Caracterizacion_funcional_de_la_almendra_de_las_semillas_de_mango_Mangifera_indica_L

Asociación Internacional de los Taninos. (s.f.). ¿Qué son los taninos?
<https://www.tannins.org/es/que-son-los-taninos/>

Lusardi, Peter J. and Consonery, Phil J. (1999) "Factors affecting filtered water turbidity". *Journal AWWA*, vol. 91, No. 12 (December), p. 28-40

MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. (Junio, 2007) Resolución 2115 de 2007.
https://laboratoriode analisis.lasalle.edu.co/wcm/connect/LIAC/d951c109-a227-44a3-8a42-1d1f87db2b43/Resoluci%C3%B3n_2115-2007.pdf?MOD=AJPERES&CVID=IMo0SFe

Normativa ambiental y sanitaria. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-921X2020000300039&script=sci_abstract&tlneg=es.

OMS. (2004). Guías para la calidad del agua potable, TERCERA EDICIÓN, Volumen 1, Recomendaciones, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Ginebra

Oñate Hernando y Cortez Gridis (2020). Recuperado de:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-921X2020000300039&script=sci_abstract&tlng=es

Bravo Gallardo, M. A. (2015). Coagulantes y floculantes naturales usados en la reducción de turbidez, sólidos suspendidos, colorantes y metales pesados en aguas.

Buttice A.L, Alcantar N.A (2015) Sediment Removal with the Opuntia ficus-indica Cactus: A Water Purification Method for Communities in Latin America. University of South Florida, Tampa, FL, USA Current as of 2 January 2015. 2014, Pages 98–103

Barreto Pardo, S., Vargas Moncada, D. K., Ruiz Martínez, L., & Gómez Ayala, S. L. (2020). EVALUACIÓN DE COAGULANTES NATURALES EN LA CLARIFICACIÓN DE AGUAS. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 11(1).

Pérez, J. (1977) Estado del Arte – Coagulación. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales. CEPIS.

RESOLUCIÓN 2115 DE 2007. (Junio, 22), https://scj.gov.co/sites/default/files/marco-legal/Res_2115_de_2007.pdf

ALMENDÁREZ, N. (2004). Comprobación de la efectividad del coagulante (Cochifloc) en aguas del lago de Managua Piedras Azules. Revista Iberoamericana de Polímeros, 5(1), 46-54.

Arias-Hoyos, A., HERNÁNDEZ-MEDINA, J. L., CASTRO-VALENCIA, A. F., & SÁNCHEZ-PEÑA, N. E. (2017). Tratamiento de aguas residuales de una central de sacrificio: uso del polvo de la semilla de la m. oleífera como coagulante natural. Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial, 15(spe), 29-39.

Salgado M. (Septiembre, 2018). EVALUACIÓN DE LAS SEMILLAS DE TAMARINDO (*Tamarindus indica*) EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ DE AGUAS SUPERFICIALES.

<https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/handle/001/642/T581.64%20S164.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

García, E., Martínez, A., & Valle, A. (2016). Contenido de fenoles totales en frutos de mango 'Super Haden' durante el desarrollo y la maduración. *Revista de Protección Vegetal*, 31(1), 10-16. Recuperado de https://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362016000100010&script=sci_arttext

Vijayaraghavan, G., Sivakumar, T., & Vimal Kumar, A. (2011). Application of plant-based coagulants for wastewater treatment. *International Journal of Advanced Engineering Research and Studies*, 1(1), 88-92. https://www.researchgate.net/publication/284430035_Application_of_plant_based_coagulants_for_waste_water_treatment

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://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0043135494001531>

Yin, C. Y. (2010). Emerging usage of plant-based coagulants for water and wastewater treatment. *Process Biochemistry*, 45(9), 1437-1444. https://www.researchgate.net/publication/223357674_Emerging_usage_of_plant-based_coagulants_for_water_and_wastewater_treatment

Amagloh, F. K., & Benang, A. (2009). Effectiveness of *Moringa oleifera* seed as coagulant for water purification. *African Journal of Agricultural Research*, 4(1), 119-123. <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-abstract/6EFAEFF13306>

Kawamura, S. (1991). Integrated design and operation of water treatment facilities. John Wiley & Sons.

https://books.google.com/books/about/Integrated_Design_and_Operation_of_Water.html?id=cOQKKRUNGrwC

Lee, S. H., Lee, J. H., & Kim, J. S. (1995). Application of natural coagulants in water purification. *Journal of Environmental Engineering*, 121(8), 629-635.

Ganjidoust, H., Tatsumi, K., Katami, A., & Magara, Y. (1997). Performance of natural coagulants in water treatment processes. *Environmental Technology*, 18(8), 881-886.

N. José y J.A. Díaz Duque en 2019. La contaminación de las zonas costeras de Luanda: soluciones para su mitigación.

https://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1680-03382019000300015&script=sci_arttext

Lee, S. H., Lee, S. O., Jang, K. L., & Lee, T. H. (1995). "Microbial flocculant from *Arcuadendron* sp. TS-49." *Biotechnology Letters*, 17(1), 95-100.
<https://link.springer.com/article/10.1007/BF00151020>

Ganjidoust, H., Tatsumi, K., Yamagishi, T., & Gholian, R. N. (1997). "Effect of synthetic and natural coagulant on lignin removal from pulp and paper wastewater." *Water Science and Technology*, 35(2-3), 291-296. <https://iwaponline.com/wst/article/35/2-3/291/15075/Effect-of-synthetic-and-natural-coagulant-on>

Broekaert, W. F., Terras, F. R., Cammue, B. P., & Osborn, R. W. (1997). "Plant defensins: novel antimicrobial peptides as components of the host defense system." *Plant Physiology*, 108(4), 1353-1358. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC157512/>

Alicia Fernández Cirelli en 2012. "El agua: un recurso esencial"
<https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>

Organización Mundial de la Salud (OMS, 2012).
<https://www.who.int/es/publications/i/item/9789241549950>

Secretaría de Educación Departamental de La Guajira con fecha 4 de mayo de 2016
<https://sanjuandelcesar-laguajira.gov.co/>

Alcaldía de San Juan del Cesar <https://www.sanjuandelcesar-laguajira.gov.co/>

Okuda et al. (2001) "Coagulation Mechanism of Salt Solution-Extracted Active Component in Moringa oleifera Seeds" https://www.researchgate.net/publication/12102583_Coagulation_Mechanism_of_Salt_Solution-Extracted_Active_Component_in_Moringa_oleifera_Seeds

Henry Borbón Alpízar en 2006. "Impacto ambiental por aguas residuales y residuos sólidos en la calidad del agua de la microcuenca del río Damas" <https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Impacto%20ambiental%20por%20aguas%20residuales%20y%20residuos%20s%C3%B3lidos%20en%20la%20calidad%20del%20agua.pdf>

LMI de 2018 "Ensayo de jarras para el control del proceso de coagulación en el tratamiento de aguas residuales industriales" <file:///C:/Users/DANIELA%20O%20C%2091ATE/Downloads/Unad-ojs,+2771-Texto+del+art%C3%ADculo-8143-1-10-20181017.pdf>

(Barajas Garzón, C. L., y León Luque, A. J. (2016). "Coagulación, floculación y separación" <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/coagulaci%C3%B3n-y-floculaci%C3%B3n-y-separaci%C3%B3n>

(Panadero & Posada, 2016) y (Carrascal Pallares & Duran Perez, 2021) "Evaluación de la eficiencia del Jatropha curcas como coagulante en el tratamiento de aguas residuales domésticas" https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/137053/Cisneros_VS-Torres_DAE-SD.pdf.txt?sequence=5

GNANDI, TCHANGBEDJI, KILI, BABA, & SALIM, (2005) Sulfato de aluminio <https://vel-chemicals.com/cuales-son-los-coagulantes-mas-usados-en-una-ptar/>

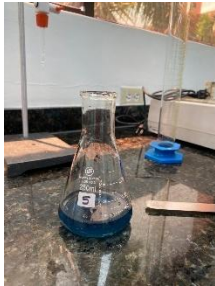
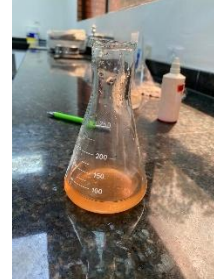
Lebaka et al., 2021. "Nutritional Composition and Bioactive Compounds in Three Different Parts of Mango Fruit" de Lebaka et al., publicado en 2021 en el *International Journal of Environmental Research and Public Health*

<https://www.mdpi.com/1660-4601/18/2/741>



ANEXOS

Analisis de las muestras



Coagulante natural, Mangifera Indica L.Verde

