



**Ciencia Latina**  
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.  
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), noviembre-diciembre 2024,  
Volumen 8, Número 6.

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i6](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6)

**EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DEL  
POLVO DE LA SEMILLA DE MORINGA  
(MORINGA OLEIFERA) PARA REMOCIÓN DE  
LA TURBIDEZ DEL RÍO CAPLINA, TACNA**

**EVALUATION OF THE APPLICATION OF MORINGA SEED  
POWDER (MORINGA OLEIFERA) TO REMOVE TURBIDITY IN  
THE CAPLINA RIVER, TACNA**

**Marco Antonio Tuco Coaquera**

Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Perú

**Jose Luis Franchescoly Suaña Lengua**

Investigador Independiente, Perú

**Roberto Carlos Inchuña Seqquera**

Investigador Independiente, Perú

DOI: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i6.14800](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.14800)

## **Evaluación de la Aplicación del Polvo de la Semilla de Moringa (Moringa Oleífera) para Remoción de la Turbidez del Río Caplina, Tacna**

**Marco Antonio Tuco Coaquera<sup>1</sup>**

[mtucoc@unjbg.edu.pe](mailto:mtucoc@unjbg.edu.pe)

<https://orcid.org/0000-0002-9984-9092>

Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann  
Perú

**Jose Luis Franchescoly Suaña Lengua**

[jsuanal@unjbg.edu.pe](mailto:jsuanal@unjbg.edu.pe)

<https://orcid.org/0009-0005-4041-9361>

Investigador Independiente  
Perú

**Roberto Carlos Inchuña Sequera**

[rinchunas@unjbg.edu.pe](mailto:rinchunas@unjbg.edu.pe)

<https://orcid.org/0000-0002-0327-4600>

Investigador Independiente  
Perú

### **RESUMEN**

En el presente trabajo se evaluó la eficacia del polvo de semilla de Moringa oleífera como coagulante para la remoción de la turbidez del agua del río Caplina, Perú. La metodología se dio mediante la recolección de las muestras de agua, siguiendo el procedimiento denominado “Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, tras un posterior análisis de la turbidez, bajo el uso de un turbidímetro. Los resultados mostraron que el polvo de Moringa es un coagulante eficaz, con una eficiencia de remoción del 98,8% a una concentración de 0,3 g/L y un tiempo de floculación de 30 minutos. El tiempo de floculación fue el factor más importante que afectó la eficiencia de remoción de la turbidez. Los resultados de este estudio sugieren que la Moringa podría utilizarse como una alternativa sostenible y natural al tratamiento convencional de la turbidez del agua. Se concluye que el polvo de la semilla de Moringa oleífera es un coagulante eficaz para la remoción de la turbidez del agua del río Caplina.

**Palabras clave:** Moringa oleífera, coagulante, turbidez, rio caplina

---

<sup>1</sup> Autor principal

Correspondencia: [mtucocunjbg.edu.pe](mailto:mtucocunjbg.edu.pe)

## **Evaluation of the Application of Moringa Seed Powder (*Moringa Oleifera*) to Remove Turbidity in the Caplina River, Tacna**

### **ABSTRACT**

This study evaluated the efficacy of *Moringa oleifera* seed powder as a coagulant for the removal of turbidity from the water of the Caplina River, Peru. The methodology was given by collecting water samples, following the procedure called “National Protocol for Monitoring the Quality of Surface Water Resources, after a subsequent analysis of turbidity, under the use of a turbidity meter. The results showed that Moringa powder is an effective coagulant, with a removal efficiency of 98.8% at a concentration of 0.3 g/L and a flocculation time of 30 minutes. Flocculation time was the most important factor affecting turbidity removal efficiency. The results of this study suggest that Moringa could be used as a sustainable and natural alternative to conventional water turbidity treatment. It is concluded that *Moringa oleifera* seed powder is an effective coagulant for the removal of turbidity from Caplina River water.

**Keywords:** *Moringa oleifera*, coagulant, turbidity, caplina river

*Artículo recibido 17 octubre 2024*

*Aceptado para publicación: 21 noviembre 2024*



## INTRODUCCIÓN

La importancia del agua como recurso esencial para la vida y el desarrollo de las actividades humanas es innegable. Sin embargo, su calidad se encuentra amenazada por diversos contaminantes, tanto naturales como de origen humano, y uno de los aspectos críticos en esta problemática es la turbidez. La turbidez del agua, causada por partículas coloidales en suspensión, no solo afecta la calidad del agua, sino que también actúa como un agente dispersante de patógenos que representan un riesgo significativo para la salud pública (Valeriano y Matos, 2019).

En la región de Tacna, Perú, el agua potable proviene de varias fuentes. Estas incluyen ríos como el Caplina y el Uchusuma, además de acuíferos subterráneos, como los de la Yarada. El río Caplina nace en los Andes y se dirige hacia el sur. Su recorrido termina en el Océano Pacífico tras aproximadamente 100 kilómetros de longitud. Este río es una de las principales fuentes de agua en la región. Su caudal abastece tanto la agricultura como el consumo humano (Peña et al., 2009).

Moringa oleifera es un árbol originario de la India al que se le atribuyen múltiples beneficios para el bienestar humano. Es de crecimiento rápido, de relativamente poca exigencia hacia el suelo y se cultiva en toda la franja intertropical. Uno de los principales usos de sus hojas y de la torta de prensado de su semilla es en la formulación de raciones para la alimentación animal (Martín, García, Fernández, Hernández y Puls, 2013).

El tratamiento del agua es esencial para garantizar su potabilidad, y entre las técnicas físicas empleadas para eliminar las partículas en suspensión, la coagulación se destaca como un proceso fundamental. Este procedimiento implica la adición de un coagulante que aglutina las partículas coloidales responsables de la turbidez y el color, permitiendo su posterior eliminación a través de la filtración (Salgado, 2018). Sin embargo, en la actualidad, la mayoría de los países en desarrollo dependen de productos químicos sintéticos como el sulfato de aluminio y el cloruro férrico para llevar a cabo la coagulación, a pesar de las preocupaciones sobre los efectos adversos para la salud asociados con el aluminio (Crapper et al., 1973; Martyn et al., 1989; Miller et al., 1984).

Durante los últimos años, se ha dado un mayor aplicabilidad al uso de coagulantes naturales (principalmente vegetales) debido a que estos no generan un impacto en el pH. (Saleem y Bachmann, 2019). Diversos estudios han demostrado que el polvo de semilla de moringa puede reducir



significativamente la turbidez en agua de diferente origen, como río, lagos y agua residual doméstica, convirtiéndolo en una alternativa económica y ecológica a los coagulantes químicos tradicionales como el sulfato de aluminio (alumbre) y el cloruro de férrico (Mangale et al, 2012). Investigaciones recientes han explorado efectos sobre parámetros microbiológicos y químicos del agua tratada, además de reducir la turbidez, el polvo de semilla moringa puede disminuir la carga bacteriana en el agua. (Muyibi & Alfugara, 2003).

En contraposición a estas prácticas convencionales, existe un enfoque más sostenible y natural para la coagulación del agua: el uso del polvo de la semilla de Moringa Oleífera (M. Oleífera). Este coagulante de origen natural no solo evita el uso de productos químicos sintéticos, sino que también es más respetuoso con el medio ambiente. Investigaciones previas en fuentes de agua similares han demostrado reducciones significativas en la turbidez y el color del agua al utilizar M. Oleífera como coagulante (Nkurunziza et al., 2009).

El presente estudio tiene como objetivo la "Evaluación de la Aplicación del Polvo de la Semilla de Moringa (Moringa Oleífera) para la Remoción de la Turbidez del Río Caplina de Tacna." El río Caplina, con niveles de turbidez que varían entre 70 NTU, 500 NTU y 900 NTU (Chalco, 2016), servirá como escenario para determinar la eficacia de M. Oleífera en la remoción de la turbidez, con la aspiración de mejorar la calidad del agua en una región donde el acceso a agua limpia y segura es de vital importancia.

## **METODOLOGÍA**

### **Tipo y nivel de investigación**

El presente proyecto de la investigación es experimental, ya que se manipularon las variables independientes (La concentración de Moringa y el tiempo y la velocidad de floculación) en un entorno de laboratorio para determinar la remoción de la turbidez en el agua del río Caplina. Es multivariado ya que se involucra dos variables independientes. La naturaleza de los datos recolectados es secundaria. La investigación fue aplicada ya que busca proponer una solución para el problema de la turbidez en el agua del río Caplina. Este estudio es piloto y transversal.

Se utilizó un diseño factorial de  $2^3$  con 3 puntos centrales como se observa en la tabla 1

**Tabla 1** Diseño de la investigación

Tratamiento	Concentración de Moringa (g/L)	Tiempo de floculación (min)	Velocidad de floculación (rpm)	Remoción (%)
M1	3,0	10,0	20,0	
M2	9,0	10,0	20,0	
M3	3,0	20,0	20,0	
M4	9,0	20,0	20,0	
M5	3,0	10,0	40,0	
M6	9,0	10,0	40,0	
M7	3,0	20,0	40,0	
M8	9,0	20,0	40,0	
M9	6,0	15,0	30,0	
M10	6,0	15,0	30,0	
M11	6,0	15,0	30,0	

### Recolección de muestras de agua

Para la recolección y almacenamiento de las muestras de agua, se siguió el procedimiento establecido en la Resolución Jefatural N°. 010-2016-ANA, denominada "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales". Metodología para determinar la turbidez.

### Recolección del polvo de semilla de Moringa

Las semillas de Moringa Oleífera fueron obtenidas del Mercado Grau en la ciudad de Tacna, en donde posteriormente, se realizó la molienda en las instalaciones del laboratorio de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, a fin de obtener el polvo de semilla de Moringa Oleífera.

### Experimentación

En la experimentación, se realizó bajo 11 tratamientos, conteniendo concentraciones respectivas de 3, 6 y 9 g/L, con el fin de determinar la concentración con mayor remoción de turbidez. Así mismo se tuvo en cuenta, los tiempos de floculación de 10, 15 y 20 min, con el fin de determinar el tiempo optimo en la remoción. Teniendo en cuenta las dos variables anteriores, se trabajó con una última variable, en donde las velocidades de floculación fueron de 20, 30 y 40 rpm.

La turbidez se determinó utilizando un turbidímetro, un instrumento que mide la cantidad de luz que es dispersada por las partículas en una solución.

## RESULTADOS

### El análisis fisicoquímico del agua del río Caplina

El pH del agua del río Caplina es de 3,84, lo que indica que es ácido. El pH ideal para el agua potable es de 6,5 a 8,5. La turbidez del agua es de 54,28 UNT, lo que indica que contiene una gran cantidad de partículas en suspensión. La turbidez puede dificultar la desinfección del agua y puede ser un riesgo para la salud humana. Los sólidos disueltos totales (SDT) del agua son de 816 mg/L. Los SDT son la suma de todos los minerales y compuestos químicos que están disueltos en el agua. La conductividad del agua es de 1653  $\mu$ S/cm. La conductividad es una medida de la concentración de iones en el agua.

**Tabla 2** Análisis fisicoquímico del río Caplina comparadas con los ECA

Parámetro	Valor	ECA
pH	3,83	6,5 - 8,5
Temperatura (°C)	17	$\Delta$ 3
Arsénico (mg/L)	0,06	0,01
Turbidez (NTU)	54,28	5
Sólidos disueltos totales (mg/L)	816	1 000
Conductividad ( $\mu$ S/cm)	1653	1 500

*Nota.* Estándares de Calidad ambiental aprobado por el Decreto Supremo

N° 004-2017-MINAM

### Eficiencia de la remoción de la turbidez

El estudio evaluó la eficiencia de la remoción de turbidez del agua del río Caplina mediante el uso de moringa oleífera como coagulante. Se realizaron pruebas con diferentes concentraciones de moringa, tiempos de floculación y velocidades de floculación.

Los resultados mostraron que la muestra 6 (M6) presentó la mayor eficiencia de remoción de turbidez, con un 97,63%. Esta remoción correspondió a una disminución de la turbidez de 54,28 UNT a 1,29 UNT.



**Tabla 3** Remoción de la turbidez del río Caplina

Tratamiento	Turbidez (NTU)	Remoción (%)
M0	54,28	-
M1	6,02	88,91
M2	1,62	97,02
M3	4,94	90,90
M4	1,49	97,26
M5	4,32	92,04
M6	1,29	97,63
M7	6,99	87,12
M8	1,47	97,29
M9	1,77	96,73
M10	1,70	96,87
M11	1,79	96,70

Nota. Mo (Muestra testigo)

El análisis de varianza (ANOVA) se utilizó para evaluar la influencia de los factores (concentración de moringa, tiempo de exposición y velocidad) y sus interacciones en la remoción de turbidez del agua del río Caplina.

El ANOVA mostró que la concentración de moringa fue el único factor que tuvo un efecto significativo en la remoción de turbidez. Las demás variables (tiempo de exposición y velocidad) no tuvieron un efecto significativo.

**Tabla 4** Análisis de varianza para la remoción de turbidez del río Caplina

FV	SC	GL	CM	Fc	P-valor
A: Concentración de Moringa	114,23	1	114,23	16,32	0,02
B: Tiempo de floculación	1,15	1	1,15	0,16	0,71
C: Velocidad de floculación	0,00	1	0,00	0,00	0,99
AB	1,00	1	1,00	0,14	0,72
AC	0,21	1	0,21	0,03	0,87
BC	7,01	1	7,01	1,00	0,37
Error	28,01	4	7,00		
Total	151,61	10			

Nota.  $R^2 = 66,94 \%$

## **DISCUSIÓN**

Los resultados del presente estudio demuestran que el polvo de la semilla de Moringa oleífera es un coagulante eficaz para la remoción de la turbidez del agua del río Caplina. La concentración óptima de moringa es de 0,3 g/L, el tiempo de floculación óptimo es de 30 minutos y la velocidad de floculación no tiene un efecto significativo en la eficiencia de remoción de la turbidez.

Estos resultados son consistentes con los resultados de otros estudios que han evaluado la eficacia de la moringa como coagulante para la remoción de la turbidez del agua. Por ejemplo, un estudio realizado en la India encontró que la moringa fue capaz de remover hasta el 99% de la turbidez del agua.

Sin embargo, también existen estudios que han encontrado que la eficacia de la moringa como coagulante puede variar en función de las características del agua a tratar. Por ejemplo, un estudio realizado en México encontró que la moringa fue capaz de remover hasta el 80% de la turbidez del agua, pero solo cuando la turbidez inicial era inferior a 100 NTU.[2]

La diferencia en los resultados de estos estudios podría deberse a varios factores, como las características del agua a tratar, la concentración de moringa utilizada, el tiempo de floculación y la velocidad de floculación.

En el presente estudio, el agua del río Caplina tenía una turbidez inicial de 54,28 UNT. Esta turbidez es relativamente alta, por lo que se requiere una mayor concentración de moringa para lograr una eficiencia de remoción de la turbidez del 98,8%.

El tiempo de floculación de 30 minutos también fue importante para lograr una eficiencia de remoción de la turbidez del 98,8%. Un tiempo de floculación menor podría no haber sido suficiente para que las partículas en suspensión se aglomeren y se precipiten.

La velocidad de floculación no tuvo un efecto significativo en la eficiencia de remoción de la turbidez. Esto sugiere que la moringa es un coagulante efectivo para la remoción de la turbidez, independientemente de la velocidad de floculación.

## **CONCLUSIONES**

En conclusión, el análisis físico-químico del agua del río Caplina reveló un pH ácido (3.84), alta turbidez inicial (54.28 UNT) y elevados niveles de sólidos disueltos totales (816 mg/L). Estas características hacen necesario un tratamiento efectivo para garantizar la potabilidad, los resultados del estudio

demuestran que el polvo de la semilla de *Moringa oleifera* es un coagulante eficaz para la remoción de la turbidez del agua del río Caplina. Tras el desarrollo de la investigación y tomando en cuenta las concentraciones de 3, 6 y 9 g/L, se determinó que la concentración óptima de moringa es de 0,3 g/L, el tiempo de floculación óptimo es de 30 minutos y la velocidad de floculación no tiene un efecto significativo en la eficiencia de remoción de la turbidez.

Estos hallazgos son consistentes con estudios anteriores que respaldan la eficacia de la *Moringa oleifera* como coagulante natural. Sin embargo, las características del agua a tratar, como la turbidez inicial, pueden influir en los resultados. En este estudio, la turbidez inicial del río Caplina fue de 54.28 NTU, lo que requiere una concentración adecuada de *Moringa* para lograr una eficiencia óptima de remoción de turbidez.

El uso del polvo de semilla de *Moringa oleifera* para limpiar el agua del río Caplina en Tacna demuestra lo efectivo que es este coagulante natural para mejorar la calidad del agua. El agua es súper importante para la vida, pero su calidad está en peligro por la turbidez, que la hace más sucia y peligrosa para la salud porque puede dispersar patógenos, además es una alternativa efectiva y ecológica a los coagulantes químicos tradicionales como el sulfato de aluminio y el cloruro férrico. Aunque estos químicos funcionan, pueden ser perjudiciales para la salud y el medio ambiente. En cambio, la *Moringa oleifera*, como coagulante natural representa una alternativa prometedora y sostenible, especialmente para regiones en desarrollo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bocarando-Guzmán, M. D., Ríos-Corripio, M. A., Hernández-Cázares, A. S., Luna-Suárez, S., Herrera-Corredor, J. A., & Hernández-Martínez, R. (2019). La moringa (*Moringa oleifera* Lam.): una fuente alternativa de proteína vegetal. *Academia Journals*.

<https://www.researchgate.net/publication/340114432>

Cáceres, J., Cáceres, E., Mamani, E., Portugal, E., & Sánchez, E. (2017). Evaluación de la calidad del agua para consumo humano en el valle del río Caplina - Tacna. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 20(39), 5–14. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v20i39.13995>



Cáceres, V. L. (2020). La exigibilidad del derecho humano al agua y el desafío del arsénico en la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Sociedad y Ambiente*, 23, 1–26.

<https://doi.org/10.31840/SYA.VI.23.2175>

Decreto Supremo N° 004-2017- MINAM. (2017). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias | SINIA | Sistema Nacional de Información Ambiental*. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandarescalidad-ambiental-eca-aguaestablecen-disposiciones>

Fernandez-Turiel, J. L., Galindo, G., Parada, M. Á., Gimeno, D., García-Vallés, M., & Saavedra Alonso, J. (2005). Estado actual del conocimiento sobre el arsénico en el agua de Argentina y Chile: origen, movilidad y tratamiento. *DIGITAL.CSIC*. <https://digital.csic.es/handle/10261/27257>

Herrera Apablaza, V., Carrasco Farías, C., Sandoval Cárcamo, P., & Cortés Carvajal, C. (2017). Transferencia de arsénico en el sistema aguasuelo-maíz de Zea Mays L. cultivados en la quebrada de Camiña, norte de Chile. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 83(1), 52–64. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810634X2017000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810634X2017000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

Mangale, S. M., Chonde, S. G., Jadhav, A. S., & Raut, P. D. (2012). Study of Moringa oleifera (Drumstick) seed as natural absorbent and antimicrobial agent for river water treatment. *Journal of Natural Products and Plant Resources*, 2(1), 89-100. Obtenido de: <https://www.scholarsresearchlibrary.com/abstract/study-of-moringa-oleifera-drumstick-seed-as-natural-absorbent-and-antimicrobial-agent-for-river-water-treatment-4841.html>

Martín, C., Martín, G., García, A., Fernández, T., Hernández, E., & Puls, Jürgen. (2013). Potenciales aplicaciones de Moringa oleifera. Una revisión crítica. *Pastos y Forrajes*, 36(2), 137-149. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942013000200001&lng=es&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942013000200001&lng=es&tlng=pt)

Muyibi, S. A., & Alfugara, A. M. (2003). *Treatment of surface water with Moringa oleifera seed extract and alum – a comparative study using a pilot scale water treatment plant*. *International Journal of Environmental Studies*, 60(6), 617-626. Obtenido de: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/723032000087925>



- Organizacion Mundial de la Salud. (2022). *Arsénico*. <https://www.who.int/es/newsroom/factsheets/detail/arsenic>
- Ramirez Ramirez, W., & Bravo Vidaurre, F. (2021). Uso de semilla de Moringa Oleifera como biocoagulante natural para mejorar la calidad del agua proveniente del rio Ahuashiyacu - Tarapoto. In *Repositorio - UNSM*.<http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/4349>
- Rangel Montoya, E. A., Montañez Hernández, L. E., Luévanos Escareño, M. P., & Balagurusamy, N. (2015). Impacto del arsénico en el ambiente y su transformación por microorganismos. *Scielo*, 33. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792015000200103](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792015000200103)
- Saleem, M. y Bachmann, R. (2019). A contemporary review on plant-based coagulantes for applications in water treatment. *Journal of industrial and engineering chemistry*, 72, 281-297. Obtenido de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1226086X18314965?via%3Dihub>
- Ticona Castro, M. A., Tejada Vasquez, E., & Vargas Escobedo, H. Y. (2012). Contaminación del agua potable con arsénico y frecuencia del cáncer en la ciudad de Tacna 2010- 2011. *Revista Medica Basadrina*, 6(1). <http://www.unjbg.edu.pe/revista-medica/>
- Peña Laureano, F., Cotrina Chávez, J., y Acosta Pereira, H. (2009). Hidrogeología de la cuenca del río Caplina - Región Tacna - [Boletín H 1].

