



## Uso de la torta de semilla de *Moringa oleifera* Lam. en la clarificación de aguas residuales

### Use of *Moringa oleifera* Lam seed cake in wastewater clarification

Hermelinda Alvarez-Chancasanampa<sup>1,\*</sup>; Juan Gabriel Juscamaíta-Morales<sup>1</sup>;  
Mario Monteghirfo Gomero<sup>2</sup>; Felipe de Mendiburu Delgado<sup>1</sup>; Marcial Silva-Jaimes<sup>1</sup>;  
Gladys Juana Carrión-Carrera<sup>1</sup>; Jurgen Jostein Alvarez-Chancasanampa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional Agraria La Molina, Av. La Molina s/n Lima 12, Perú.

<sup>2</sup> Instituto De Investigación de Bioquímica y Nutrición, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Av. Grau 755, Lima, Perú.

\* Autor correspondiente: [halvarez@lamolina.edu.pe](mailto:halvarez@lamolina.edu.pe) (H. Alvarez-Chancasanampa).

ORCID de los autores:

H. Alvarez-Chancasanampa:  <https://orcid.org/0000-0003-4620-9523>

J. G. Juscamaíta-Morales:  <https://orcid.org/0000-0002-2198-0461>

M. Monteghirfo Gomero:  <https://orcid.org/0000-0002-1292-1187>

F. de Mendiburu Delgado:  <https://orcid.org/0000-0003-2725-5911>

M. Silva-Jaimes:  <https://orcid.org/0000-0002-4648-4907>

G. J. Carrión-Carrera:  <https://orcid.org/0000-0002-2572-510X7>

J. J. Alvarez-Chancasanampa:  <https://orcid.org/0009-0000-6746-3577>

#### RESUMEN

El avance tecnológico en el campo agroindustrial incrementa la cantidad de agua residual que sin ser tratada contamina el medioambiente. Por ello, el objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la torta de semillas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) en la clarificación del agua residual, de la elaboración de néctar de maracuyá, utilizando el método de prueba de jarras, con concentraciones de torta de moringa de 5, 12,5 y 20 g/l, con tiempos de agitación 10, 35 y 60 minutos para la extracción del extracto crudo; y, dosis del extracto crudo de la torta de moringa de 125, 175 y 225 mg/l. La mayor remoción de turbidez del agua residual se obtuvo con 20 g/l de extracto crudo de torta "moringa", con tiempos de agitación para la extracción del extracto crudo de 35 y 60 minutos. Asimismo, la dosis de 125 mg/l presentó la mayor reducción de turbidez en un 82%. Los resultados obtenidos en la investigación demuestran que la torta de "moringa" es útil para tratar aguas residuales producidas en la elaboración de néctar de "maracuyá", minimizando la turbidez de aguas residuales, como consecuencia una reducción del impacto ambiental por efluentes.

**Palabras clave:** *Moringa oleifera* Lam.; agua residual; turbidez; maracuyá.

#### ABSTRACT

Technological progress in the agro-industrial field increases the amount of wastewater that, without being treated, pollutes the environment. Thus, the objective of the study was to evaluate the effect of moringa seed cake (*Moringa oleifera* Lam.) in the clarification of residual water, from the production of passion fruit nectar, using the jar test method, with concentrations of moringa cake of 5, 12.5 and 20 g/l, with stirring times of 10, 35 and 60 minutes for the extraction of the crude extract; and, doses of crude extract of moringa cake of 125, 175 and 225 mg/l. The greatest removal of turbidity from the residual water was obtained with 20 g/l of crude extract of moringa cake, with stirring times for the extraction of the crude extract of 35 and 60 minutes. Likewise, the dose of 125 mg/l presented the greatest reduction in turbidity by 82%. The results obtained in the research demonstrate that "moringa" cake is useful for treating wastewater produced in the production of passion fruit nectar, minimizing the turbidity of wastewater, resulting in a reduction in the environmental impact of effluents.

**Keywords:** *Moringa oleifera* Lam.; residual water; turbidity; passion fruit.

Recibido: 22-07-2023.

Aceptado: 11-12-2023.



Esta obra está publicada bajo la licencia [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## INTRODUCCIÓN

La industria alimentaria, es esencial para la producción de alimentos, demanda considerables volúmenes de agua en diversas etapas, y la cantidad utiliza varía según factores como el tipo de producto y las técnicas empleadas (Llaneza, 2012). Este proceso genera una gran cantidad de residuos sólidos y líquidos, cuya falta de tratamiento puede causar contaminación ambiente (Alcarraz et al., 2010).

El agua residual, sin tratamiento, genera la contaminación en las aguas receptoras (superficiales y subterráneas) por ser un material contaminante de tipo orgánico (Bernadette et al., 2020). Por ello, para minimizar el impacto ambiental, antes de realizar la descarga del efluente, se debe someter el agua residual a un pretratamiento, con el fin de evitar problemas ambientales.

En paralelo, el extracto de moringa, obtenido mediante la extracción de un polvo de moringa sin grasa con una solución salina específica, ha emergido como un componente clave en la innovación del proceso de clarificación del agua (Eri et al., 2018; Labarcés, 2007). La clarificación, esencial para la remoción de materiales en suspensión, ha sido abordada por diversos estudios. Cogollo (2010) logró clarificar el agua utilizando un agente coagulante, pero Ndabigengesere et al. (1995) advirtieron sobre posibles implicaciones en la salud, como el Alzheimer. Por otro lado, Batista et al. (2023) se centran en el rendimiento del polvo de semilla de *Moringa oleifera* (MO) como coagulante natural, especialmente como acondicionador de lodos, destacando su aplicación antes del espesamiento mediante la sedimentación por gravedad.

Investigaciones recientes demuestran la eficacia de sustancias orgánicas, como el extracto de moringa, en la remoción de turbidez, color y microorganismos, ofreciendo una alternativa al uso del sulfato de aluminio (Cogollo, 2010).

La *M. Oleifera* es una planta milagrosa, con enormes potencialidades (Adewumi & Samson, 2018). Lopes et al. (2015), Oliveira et al. (2018) y Keogh et al. (2017) reportaron que la semilla de "moringa" tiene potencial como agente coagulante y puede ser utilizada como clarificador para diferentes tipos de aguas residuales con diversos grados de turbidez. En experimentos específicos, Lopes et al. (2015) utilizaron aguas con diferentes grados de turbidez inicial (70, 250 y 400 NTU - unidades nefelométricas de turbidez), demostrando que el extracto de

moringa logra remover la turbidez en un 89,5%, 95,5% y 97,5%, respectivamente. Además, los mismos autores reportaron que los extractos de semillas de moringa con cáscara proporcionan mejores resultados en la remoción de la turbidez, logrando remover hasta en 99% de turbidez en las muestras de agua. En un trabajo similar, investigaciones de Hendrawati et al. (2016) utilizaron moringa para el efecto en la remoción de la turbidez de las aguas residuales. El valor de turbidez inicial, del agua residual, fue 85,79 NTU. Luego del tratamiento se obtuvo 98,6% de remoción.

En el año 2016 María de Lima y otros trabajaron con agua del río Capibaribe, de la ciudad de Recife, Pernambuco en Brasil. Dicha agua tenía una turbidez inicial de 16,62 NTU, se trataron las muestras con diferentes concentraciones de polvo de semillas de moringa y concluyeron que las semillas de moringa tienen alta efectividad en la remoción de la turbidez de las aguas residuales (De Lima et al., 2016). Asimismo, Aguirre et al. (2018) determinaron la capacidad de utilizar moringa en el tratamiento de agua del río Magdalena encontrando que la Moringa (2 g L<sup>-1</sup>) reduce la turbidez en 96,8% y el color en 97,8%. Por otro lado, según Rocha (2020), los coagulantes derivados de *Moringa oleifera* presentan la ventaja de no impactar el pH final. Sin embargo, se destaca la dificultad para obtener grandes áreas de cosecha, lo que limita su aplicación a una escala mayor.

Castillo & Avendaño (2020) trataron de clarificar el agua del río Sama con semillas de moringa de La Yarada, logrando la eliminación de las partículas en suspensión contenidas en el agua del río Sama en época de lluvias. Además, Sulaiman et al. (2019) mencionan que las semillas de moringa están disponibles en las comunidades rurales, por lo tanto, este un producto natural con gran potencial debido a sus propiedades benéficas en la salud y el medio ambiente. Además, Meza-Leones et al. (2018), Okuda et al. (2001) indican que los coagulantes naturales presentan mayores ventajas en comparación con los coagulantes químicos, por ser biodegradables, generar menor volumen de lodos, no necesitan corrección en el pH, no corroen las tuberías y son más seguros para el ser humano. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes concentraciones de la torta de "moringa" en la remoción de la turbidez del agua residual de la elaboración del néctar de "maracuyá".

## MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación se realizó en las instalaciones de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú, en el Laboratorio de Biotecnología Ambiental y consistió en determinar mediante un diseño de experimento factorial 3<sup>3</sup> las condiciones de los factores: dosis de semilla, velocidad de floculación y tiempo de floculación.

### Material vegetal

Torta de "moringa" fue elaborada a base de las semillas de *Moringa oleifera* Lam. obtenidas de la empresa FUNDO ESCONDIDO S.A.C. ubicado en Ica, Perú. Mientras que, agua residual se obtuvo de la elaboración del néctar de maracuyá (*Passiflora edulis*).

### Procedimiento y método para la semilla de *Moringa oleifera* Lam.

La torta de "moringa", es un subproducto, obtenido a partir de las semillas de "moringa" oleifera (*Moringa oleifera* Lam.) después de la extracción del aceite con la prensa hidráulica. La muestra fue molida, utilizando un molino de corona, sin adición de agua, hasta reducir su tamaño en polvo, la cual luego fue tamizada con una malla de 100 mesh (diámetro 0.149 mm), hasta obtener el producto sin partículas mayores al tamaño de la malla almacenada en bolsas de polietileno de baja densidad con cierre tipo Ziploc® a 5 °C.

### Preparación del extracto crudo de *Moringa oleifera* Lam.

Se pesaron diferentes proporciones de torta de "moringa" (5, 12,5 y 20 g) y cada porción se mezcló en un litro de solución de cloruro de sodio 1 M a 150 rpm, durante 10, 35 y 60 minutos, a temperatura ambiente. Luego las nueve suspensiones fueron filtradas en papel Whatman N° 42 y los filtrados se colectaron en botellas de vidrio transparentes, las cuales se almacenaron a 5 °C.

### Remoción de la turbidez del agua residual

La evaluación de la investigación se realizó bajo condiciones estandarizadas de las diferentes combinaciones de dosis del clarificante, extracto crudo de moringa (Figura 1). Se agregó en un beaker de vidrio un litro de las aguas residuales producidas en la elaboración de néctar de "maracuyá", luego se agregaron tres dosis de

extracto crudo de "moringa" (125, 175 y 225 mg/l), al agregar cada dosis se sometió a una agitación.

La turbidez del agua residual se midió utilizando un turbidímetro (HACH, Modelo 2100P), las cuales presentaron una turbidez de 168 (NTU) y la remoción de turbidez se realizó con el equipo de prueba de jarras modelo Richmond (PHIPPS & BIRD, USA) a 150 rpm por 1 min, y 60 rpm por 5 min. Para la coagulación y floculación de las partículas suspendidas se siguió el procedimiento descrito por Ndabigengesere et al. (1995). Se dejó sedimentar las muestras por 30 min, se extrajo el sobrenadante por medio de un sifón colocado a una profundidad de 6 cm y se descartó aproximadamente 10 ml de agua antes de tomar las muestras de 30 mililitros para el análisis de turbidez.

### Análisis estadístico

En esta investigación de tipo experimental, se determinó la turbidez final como única variable respuesta para cada uno de los filtrados de extracto crudo de "moringa", teniendo como factor la dosis empleada que contenía tres niveles expresados en mg/l.

Los resultados obtenidos fueron analizados a través del software de código abierto R ver.3.3.1 (R Foundation for Statistical Analysis); mientras el paquete "agricolae" versión 1.2-8 (De Mendiburu, 2017) se utilizó para los análisis estadísticos de datos, como: el análisis de la varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey para la comparación múltiple de los tratamientos, con una confiabilidad del 95% (valor  $p \leq 0,05$ ).

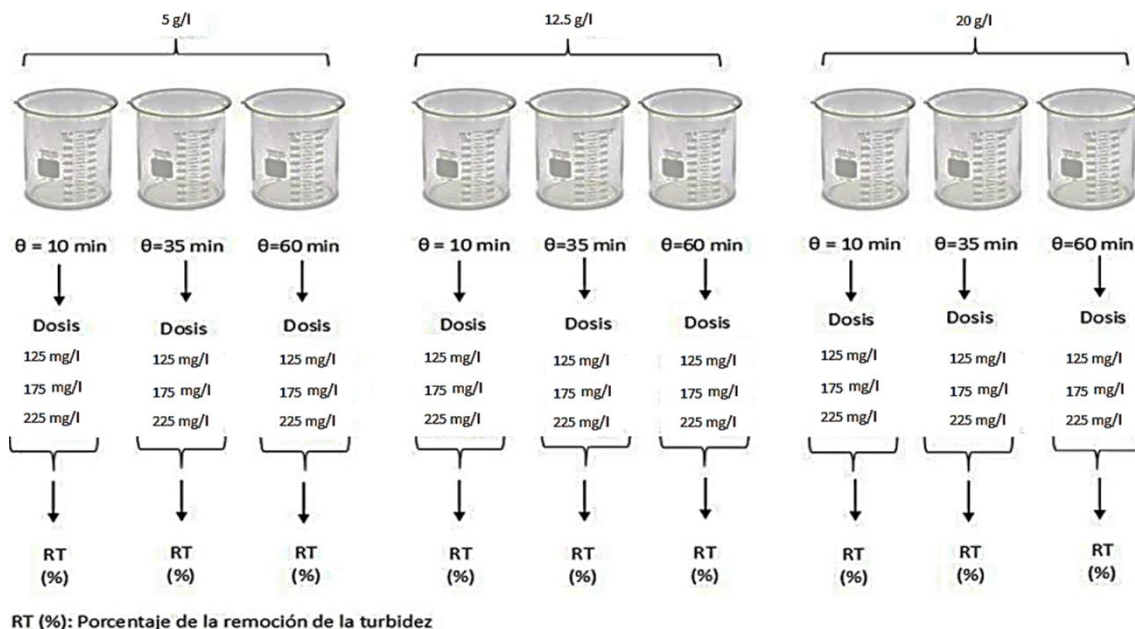


Figura 1. Diseño experimental de la investigación.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 2 se observa que el tiempo de agitación influye en la remoción de la turbidez por el extracto crudo de *Moringa oleifera* Lam. Así, a mayor concentración de torta de "moringa" y tiempo de

agitación de extracción (35 y 60 min), aumenta la remoción de la turbidez del agua residual. La mejor remoción de la turbidez del agua residual se obtuvo a una concentración de 20 g/l, con tiempos de

extracción de 35 y 60 minutos. Los resultados se corroboran con los obtenidos por Sánchez & Beltrán (2010) al evaluar diferentes concentraciones de semillas molidas de “moringa” del 1% al 10%. Los resultados demostraron que a concentración creciente se reduce la eficacia del extracto de “moringa”, obteniendo una remoción de 95% concentraciones de 1%, 2,5% y 5,0%, con dosis de 5 ml/l; mientras que, con una concentración de 10% de semillas de “moringa” molida se obtiene una remoción del 79%.

En la Figura 3 se muestra que a diferentes dosis (125, 175 y 225 mg/l) de extracto crudo de “moringa”, aplicados al agua residual de néctar de “maracuyá” en la remoción de la turbidez, se obtuvieron resultados positivos y negativos debido al tiempo de agitación de extracción del extracto crudo de la “moringa” y por la concentración de los extractos que influyeron en la remoción de la turbidez del efluente. En la investigación, el extracto crudo de la “moringa” al 5 g/l de torta de “moringa”, utilizando diferentes dosis (125, 175 y

225 mg/l) de extractos de “moringa”, resultaron en porcentajes negativos de remoción de la turbidez del agua residual, porque la concentración del extracto crudo no fue la adecuada; asimismo, cuando se utilizó una concentración de 12,5 g/l con sus diferentes dosis, se observó que el porcentaje de remoción fue levemente positivo, aunque con la concentración de 20 g/l, y con sus diferentes dosis y tiempos de agitación (10, 35 y 60 min), se obtuvieron mejores resultados de remoción de la turbidez, cuyos promedios fueron 38%, 20%, 60,78% y 62,09%, respectivamente. Estos resultados se corroboran con lo expuesto por Andía (2000), quien menciona que una cantidad mínima de coagulantes no neutraliza totalmente la carga de la partícula, resultando en escasa formación de los microfloculos. Asimismo, una alta cantidad de coagulante produce la inversión de la carga de la partícula, produciendo la formación de gran cantidad de microfloculo con tamaños muy pequeños. Por ello, en ambos casos se obtuvo una turbiedad residual elevada.

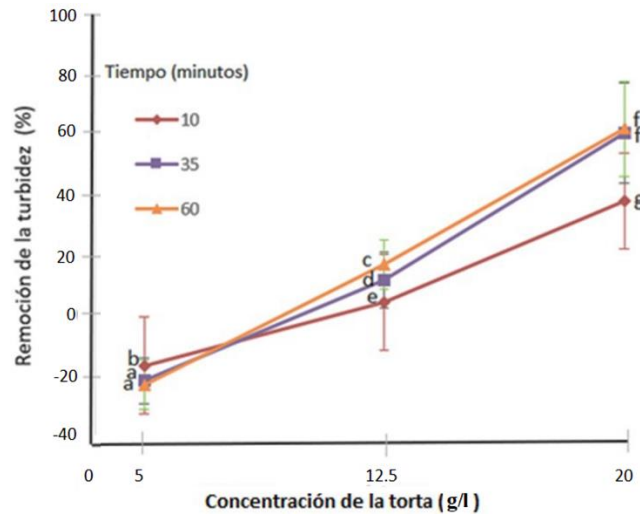


Figura 2. Remoción de la turbidez del agua residual a diferentes concentraciones de extracto crudo de *Moringa oleifera* Lam. y tiempo.

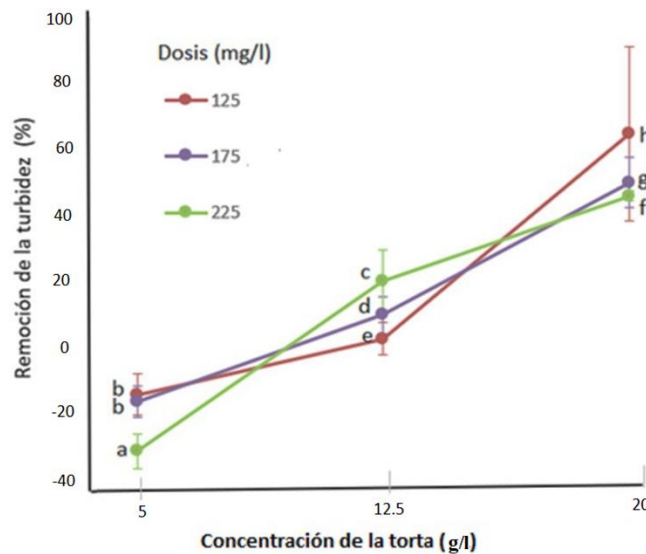


Figura 3. Efecto de la concentración y dosis del extracto crudo en la remoción de la turbidez del agua residual producida en la elaboración de néctar de “maracuyá”.

En la Tabla 1 se muestran los valores promedios de remoción de turbidez del agua residual con extracto de "moringa" a la concentración de 20 g/l. En dicha tabla se puede apreciar que la mayor remoción de la turbidez de las aguas residuales producidas en la elaboración de néctar de "maracuyá" fue afectada significativamente ( $p < 0,05$ ) por las interacciones entre los tiempos de agitación de extracción del extracto crudo (10, 35 y 60 min) y las diferentes dosis de extracto de "moringa" (125, 175 y 225 mg/l).

Los extractos que fueron agitados por 10 minutos, se tomaron diferentes dosis (125, 175 y 225 mg/l), y se aplicaron en las aguas residuales, resultando la remoción de turbidez residual de 118,47; 100,10 y 92,87 NTU respectivamente, estos resultados presentan diferencias significativas en tiempo y dosis (Tabla 1). La prueba de Tukey para un nivel de  $\alpha = 5\%$  demuestra diferencias significativas entre los tratamientos.

El análisis estadístico de los datos de la turbidez residual, tanto para el extracto obtenido con 35 min y 60 min de agitación y para las tres dosis utilizadas, muestra que los promedios de la turbidez residual, en cada caso son diferentes estadísticamente ( $\alpha = 5\%$ ). La magnitud de la remoción de la turbidez que se indica en la Tabla 1 muestra que la dosis de 125 mg/l, utilizando el extracto obtenido con bajo tiempo de agitación (10 min), logró remover solo 29,48% de la turbidez, mientras que con las dosis de 175 mg/l y 225 mg/l se logró remover 40,42% y 44,72%, respectivamente. Con las tres dosis (125 mg/l, 175 mg/l y 225 mg/l) de los extractos obtenidos, con 35 y 60 minutos de agitación, la remoción de turbidez no sigue el mismo patrón que el extracto de 10 minutos, observándose que con la dosis de 125 mg/l se obtuvieron remociones de 82,72% y 82,40%, respectivamente, y con las dosis de 175 mg/l y 225 mg/l, remociones de 57,08%, 52,9%, 46,79% y 46,75%, respectivamente. La remoción de la turbidez, según las dosis utilizadas, resulta diferente cuando el tiempo de agitación es mayor. Así, en los tratamientos, utilizando extractos con 35 y 60 minutos, fueron inversamente proporcionales a la remoción de la turbidez. Esto podría deberse a que un tiempo de agitación menor (10 minutos) extrae una baja proporción de proteína activa, lo que obligaría a una mayor dosis para obtener mayor remoción de turbidez. En el caso de los

extractos de 35 y 60 minutos de agitación, probablemente junto con la proteína activa se extraen también otros compuestos solubles en agua (azúcares, carbohidratos, péptidos, lípidos, etc.) de tal manera que la aplicación de una mayor dosis, en lugar de incrementar la remoción de la turbidez, la disminuye.

En el estudio realizado por Nkurunziza et al. (2009) informan de un fenómeno semejante, aunque menos pronunciado, al evaluar aguas turbias del río de Ruanda. Los autores observaron en las muestras turbidez intermedia (150 – 250 NTU) y al aplicar una dosis de 125 mg/l se producía una remoción de la turbidez de 98,4% a 99,4%; mientras que, a dosis mayores (175 y 225 mg/l) se removía una menor proporción de la turbidez, de entre 97,8 – 99,3% y 97,9% – 99,0%, respectivamente. Similar resultado fue reportado por Feria et al. (2014) al trabajar con las aguas turbias del río Sinú. En las muestras de turbidez intermedia (174 NTU) encontraron que la remoción de la turbidez fue de 91%, 95%, 94% y 91%, aplicando dosis de 5, 10 y 15 mg/l, respectivamente. Asimismo, Baptista et al. (2014) utilizando agua cruda proveniente del río Pirapó con turbidez inicial de 99,49 NTU, reportaron una remoción de 91,7% utilizando dosis de 20 mg/l, y concluyen que dosis superiores a 20 mg/l generan una leve disminución en la remoción de la turbidez.

Andía (2000) sostiene que dosis muy bajas de coagulante no neutraliza totalmente la carga de la partícula, generando una baja cantidad de microfloculos, persistiendo la turbidez. Si la dosis de floculante es muy alta se produce la neutralización de todas las cargas, generando una alta cantidad de microfloculos muy pequeños que no precipitan fácilmente, persistiendo la turbidez y en algunos casos incrementándose. Por ello, es recomendable determinar una dosis y una concentración óptima que permita la máxima remoción de la turbidez. Asimismo, Muyibi & Evison (1995) afirman que altas dosis de "moringa" podrían generar un cambio de carga, lo que produciría un aumento en la turbidez.

En la Tabla 1 se muestra que los extractos de 10 minutos y 35 minutos, así como los de 10 y 60 minutos, son diferentes en forma significativa, mientras que los extractos de 35 y 60 minutos permitieron la remoción de la turbidez de forma estadísticamente igual.

**Tabla 1**

Resultados de remoción de la turbidez del agua residual producida en la elaboración de néctar de "maracuyá"

Tiempo de agitación (minutos)	Dosis (mg/L)	Remoción de la turbidez (%)	Promedio de la turbidez residual (NTU)
10	125	29,48	118,47 +- 2,70 <sup>ad</sup>
	175	40,42	100,10 +- 4,72 <sup>be</sup>
	225	44,72	92,87 +- 1,13 <sup>cf</sup>
35	125	82,72	29,03 +- 1,33 <sup>ei</sup>
	175	57,08	72,10 +- 1,11 <sup>hk</sup>
	225	46,79	89,40 +- 0,87 <sup>il</sup>
60	125	82,40	29,57 +- 0,61 <sup>ej</sup>
	175	52,90	79,13 +- 1,25 <sup>hk</sup>
	225	46,75	8,47 +- 0,18 <sup>il</sup>

<sup>a-k</sup> Las letras minúsculas diferentes en superíndice muestran diferencias significativas abcdefghi ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos.

Las observaciones demuestran que los tiempos cortos de extracción son insuficientes para obtener una concentración importante de proteína activa; lo que significa que, incrementar el tiempo de extracción incrementa la concentración de proteína. Observaciones similares fueron reportadas por Sánchez & Beltrán (2010), quienes encontraron que los extractos de 10 minutos remueven menor cantidad de turbidez que

aquellos sometidos a 30 y 60 minutos; Sin embargo, con los resultados obtenidos en la presente investigación se concluye que, los tiempos elevados de extracción (35 y 60 minutos) no redundan en una mayor remoción de turbidez, lo cual significa que la extracción por tiempos prolongados no produce una mayor extracción de la proteína activa.

### CONCLUSIONES

En la presente investigación se verificó la efectividad de la torta de semillas de "moringa" en remover la turbidez de las aguas residuales producidas durante la elaboración de néctar de "maracuyá". El tratamiento que proporciona mejor resultado es 20g/l de torta de semillas de "moringa", con un tiempo de agitación de 35 minutos; mientras que, las dosis de 125 mg/l del extracto es la más adecuada para remover la mayor cantidad de

turbidez del agua residual en un 82%. Los resultados obtenidos muestran el potencial de la torta de semillas de "moringa" para ser utilizadas en el tratamiento de efluentes de las agroindustrias, esta aplicación podría generar mayor valor agregado a los subproductos de esta materia prima. Se recomienda realizar otros estudios con aguas residuales de diferente origen.

### AGRADECIMIENTO

A la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Agraria la Molina por la disposición de uso del laboratorio de Biotecnología Ambiental – Biorremediación. También, a la Facultad de Ciencias, carrera de

Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional Agraria la Molina, por la disposición del uso del laboratorio de Ingeniería Ambiental.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adewumi, T. O., & Samson, A. O. (2018). Moringa oleifera as a food fortificant: Recent trends and prospects. *J. Saudi Soc. Agr. Sci.* 17, 127-136.
- Alcarráz M., Gamarra G., Castro A. & Godoy J. (2010). Eficacia de coagulantes en el tratamiento primario de efluentes de procesadora de frutas. *Ciencia e Investigación*, 13(2), 60-67. <https://doi.org/10.15381/ci.v13i2.3227>.
- Andía, Y. (2000). Tratamiento de agua: coagulación y floculación. Evaluación de Plantas y Desarrollo Tecnológico. Sedapal. Lima-Perú. <http://www.ingenieroambiental.com/4014/andia.pdf>
- Aguirre, S., Piraneque, N., & Cruz, R. (2018). Sustancias Naturales: Alternativa para el Tratamiento de Agua del Río Magdalena en Palermo, Colombia. *Información tecnológica*, 29(3), 59-70. 10.4067/S0718-07642018000300059
- Baptista, A., de Moraes, E., De Miranda, N., Gomes, R. & Vieira, A. (2014). Avaliação das diferentes formas de extração do coagulante natural da *Moringa Oleifera* para o tratamento de águas superficiais (PAP018291). Dentro: ABRHidro (Ed) XII Simposio de recursos hídricos do nordeste; 21/10/2014 à 31/12/2014. ABRHidro (Associação Brasileira de Recursos Hídricos). <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?job=7553>.
- Batista, G., Roledo, C., Odjegba, E., Alves, F., Braga, R., & dos Reis, A. (2023). " Adición de semillas de *Moringa oleifera* antes del espesamiento del lodo para mejorar la calidad del sobrenadante: análisis del rendimiento y la toxicidad de la clarificación" *Sostenibilidad*, 15(9), 7288. 10.3390/su15097288
- Bernadette, K., Harris, P., Antille, D., Schmidt, T., Lee, S., Hill, A., & Baillie, C. (2020). Toward profitable and sustainable bioresource management in the Australian red meat processing industry: A critical review and illustrative case study, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 50(22), 2415-2439, DOI: 10.1080/10643389.2020.1712310
- Cogollo, J. (2010). Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados: caso del hidroxiclóruo de aluminio. *Dyna*, 78(165), 18-27.
- Castillo, M., & Avendaño, E. (2020). Efecto de las semillas de moringa (*Moringa oleifera* lam.) en las condiciones para la clarificación del agua del río sama. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 86(1), 47-57. 10.37761/rsqp.v86i1.272
- De Lima, N., Eslebo do Nascimento, A., Maria de Campos, G., & Sacconi, A. (2016). Application of Moringa oleifera Seeds' Dust in the Treatment of Water Turbidity. *International Journal of Applied Science and Technology*, 6(2), 17-23.
- De Mendiburu F. (2017). *Agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research R Package Version 1*. pp. 2-8.
- Eri, IR, Hadi, W., & Slamet, A. (2018). Clarificación de aguas residuales farmacéuticas con *Moringa oleifera*: optimización mediante metodología de superficie de respuesta. *Revista de Ingeniería Ecológica*, 19(3), 126-134.
- Feria, J., Bermúdez, S. & Estrada A. (2014). Eficiencia de la semilla *Moringa Oleifera* como coagulante natural para la remoción de la turbidez. *Producción + Limpia*, 9(1), 9-22.
- Hendrawati, R., Nurhasni, R., Rohaet, E., Effendi, H. & Darusman, L. (2016). The use of Moringa Oleifera Seed Powder as Coagulant to Improve the Quality of Wastewater and Ground Water. *Earth and Environmental Science*, 31(1). 10.1088/1755-1315/31/1/012033
- Keogh, M.B., Elmusharaf, K., Borde, P., & McGuigan, K.G. (2017). Evaluation of the natural coagulant Moringa oleifera as a pretreatment for SODIS in contaminated turbid water. *Solar Energy*, 158, 448-454. 10.1016/j.solener.2017.10.010
- Labarces, A. (2007). Evaluación del proceso coagulación Floculación a partir del sulfato de Aluminio Al<sub>2</sub> (SO<sub>4</sub>) preparado utilizando envases reciclados del metal y aluminio modificado en la potabilización de aguas. Trabajo de grado Especialización en Química Ambiental. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander.

- Lopes, G., Veloso, F., & Barbosa de Oliveira, S. (2015). Uso de sementes de *Moringa oleifera* na remoção da turbidez de água para abastecimento. *Revista Ambiental de Água*, 10(2): 454-463. 10.4136/ambi-agua.1439
- Llaneza, A. (2012). Tratamientos de aguas residuales en la industria alimentaria del zumo de manzana. Proyecto de Master en Biotecnología Alimentaria. Universidad de Oviedo, España.
- Meza-Leones, M., Riaños-Donado, K., Mercado-Martínez, I., Olivero-Verbel, R., & Jurado-Eraso, M. (2018). Evaluación del poder coagulante del sulfato de aluminio y las semillas de *Moringa oleifera* en el proceso de clarificación del agua de la ciénaga de Malambo, Atlántico. *Revista UIS Ingeniería*, 17(2), 95-103.
- Muyibi, S.A., & Evison, L.M. (1995). Optimizing Physical Parameters affecting coagulation of turbid water with *Moringa oleifera* seeds. *Water Research*, 29(12), 2689 - 2695.
- Ndabigengesere, A., Narasiah, S., & Talbot, B. (1995). Active agents and mechanism of coagulant of turbid waters using *Moringa oleifera*. *Water Research*, 29(2), 703-710.
- Nkurunziza, T., Nduwayezu, J., Banadda, E., & Nhapi, I. (2009). The effect of turbidity levels and *Moringa oleifera* concentration on the effectiveness of coagulation in water treatment. *Water Science & Technology*, 59(8), 1551-1558.
- Okuda, T., Baes, U., Nishijima, W., & Okada, M. (2001). Isolation and characterization of coagulant extracted from *Moringa oleifera* seed by salt solution. *Water Research*, 35(2), 405-410. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(00\)00290-6](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(00)00290-6)
- Oliveira, NT., Nascimento, KP., Gonçalves, B., De-Lima, FC, & André, N. (2018). Tratamiento de agua con *Moringa oleifera* como coagulante/floculante natural. *Revista Científica Da Faculdade De Educação E Meio Ambiente*, 9(1), 373-382.
- Rocha, VVF., dos Santos, IFS., Silva, AML., Santanna, D., Junho, A., & Barros, R. (2020). Clarificación de aguas de alta turbidez: una comparación de *Moringa oleifera* y coagulantes a base de sulfato de aluminio vírgenes y recuperados. *Environ Dev Sustain*, 22, 4551-4562 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10668-019-00397-2>
- Sánchez, J., & Beltrán, J. (2010). La *Moringa oleifera*, un recurso agrosostenible para la potabilización de agua. Optimización de la extracción del agente coagulante. Cuaderno Interdisciplinar de Desarrollo Sostenible, 5.
- Sulaiman, M., Andrawus, D., Mohammed, K., Mohammed, D., Aliyu, B., & Abd, F. (2019). *Moringa oleifera* seed as alternative natural coagulant for potential application in water treatment: A review. *Journal of Advanced Review on Scientific Research*, 56(1), 1-11.