

Tlamati Sabiduría



Valor biotecnológico de *Moringa oleifera* como mecanismo purificador en fuentes de agua de comunidades rurales

Laura Conde-Báez¹
Yorlet Jiménez-Pineda^{1,2}
Carlos Alejandro Sánchez-Muñoz¹
Alfredo Méndez-Bahena^{1*}

¹Laboratorio de Biología de la Conservación, Facultad de Ciencias Químico Biológicas, Universidad Autónoma de Guerrero. Av. Lázaro Cárdenas S/N, 39070, Ciudad Universitaria. Chilpancingo, Guerrero.

²Maestría en Recursos Naturales y Ecología, Facultad de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero., Av. Gran Vía Tropical 20, 39390, Fracc. Las Playas, Acapulco, Guerrero.

*Autor de correspondencia
amendezbahena@gmail.com

Resumen

Las infecciones fecales-orales persisten en un contexto de alta vulnerabilidad, en donde las fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano no son monitoreadas y no reciben tratamiento. El uso de insumos biológicos para el tratamiento de agua que permitan su purificación, que se puedan producir localmente ofrece diversas ventajas. Entre estas ventajas se encuentran, la reducción de costos, la disminución en la generación de subproductos, y una mayor biodegradabilidad, además de que no generan una dependencia tecnológica. Entre los principales desafíos que se perciben en el tratamiento de agua en comunidades rurales, está la eliminación de compuestos orgánicos e inorgánicos. En este sentido, *Moringa oleifera*, se caracteriza por ser un coagulante natural, resultado de la presencia de saponinas, flavonoides, esteroides, terpenoides, fenoles y triterpenoides en su estructura vegetal. Esto permite que las características de los extractos y de las muestras en sólido de *M. oleifera*, presenten actividad antibacteriana tanto para gramnegativos como para grampositivos, permitiendo la reducción de patógenos en agua para consumo

Información del Artículo

Como citar el artículo:

Conde-Báez, L., Jiménez-Pineda, Y., Sánchez-Muñoz, C.A., Méndez-Bahena, A. (2023). Valor biotecnológico de *Moringa oleifera* como mecanismo purificador en fuentes de agua de comunidades rurales. *Tlamati Sabiduría*, 15, 7-12.

Editores Invitados: Dr. Carlos Ortuño-Pineda; Dra. Mayrut Osdely Urióstegui-Acosta

Recibido en la versión aceptada por los editores invitados: 19 de marzo 2023; Publicado: 29 de mayo 2023



humano. En consecuencia, esta contribución tiene como objetivo, promover el fortalecimiento de las instituciones comunitarias y los procesos de autogestión en comunidades rurales, haciendo accesible información de utilidad. El uso de coagulantes biológicos como *Moringa oleifera*, podría tener una aplicación que permita mejorar las características para el consumo humano contribuyendo al cumplimiento del Derecho Humano al Agua.

Palabras clave: Coagulantes naturales, Coloides hidrofóbicos, Actividad antimicrobiana

Abstract

Fecal-oral infections persist in a high context of vulnerability, where sources of water supply for human consumption (WHC) are not monitored and do not receive treatment. The use of biological inputs for water treatment that allow its purification, which can be produced locally, offers several advantages. Among these advantages are the reduction of cost, the decrease in the generation of subproducts, and a greater biodegradability, in technological dependency. Among the main challenges that are perceived in the treatment of water in rural communities, is the elimination of organic and inorganic compounds. In this sense, *Moringa oleifera* is characterized by being a natural coagulant, the result of the presence of saponins, flavonoids, steroids, terpenoids, phenols and triterpenoids that it presents in its vegetal structure. This allows the characteristics of the extracts and solid samples of *M. oleifera* to present antibacterial activity for both gram-negatives and gram-positives, allowing the reduction of pathogens in WHC. Consequently, this contribution aims to promote the strengthening of community institutions and self-management processes in rural communities, making useful information accessible. The use of biological coagulants such as *M. oleifera*, could have an application that allows to improve the characteristics for the WHC contributing to the fulfillment of the Human Right to Water.

Keywords: Natural coagulants, Hydrophobic colloids, Antimicrobial activity

Introducción

El acceso al agua para consumo humano es cada vez más limitado debido a la reducción en su disponibilidad y deterioro de su calidad. Se estima que más de 750 millones de personas a nivel mundial carecen de acceso al agua potable (Jensen *et al.*, 2002; Chaidez *et al.*, 2016). De acuerdo con la UNESCO, la rápida urbanización, la contaminación por actividades agrícolas e industriales, el uso de pesticidas, la disposición inadecuada de los desechos, entre otras actividades antropogénicas, han contribuido a la reducción en la calidad (Horn *et al.*, 2022). El resultado de estas actividades ha detonado en la generación de contaminantes tanto orgánicos (proteínas, carbohidratos, aminoácidos, etc.)

como inorgánicos (sulfatos, carbonatos, nitratos, metales, etc.) que afectan a cuerpos de agua, suelo y aire generando impactos al medio ambiente y a la salud humana (Shinomol *et al.*, 2016). En países en vías de desarrollo, es común que la falta de infraestructura que pudiera permitir la purificación del agua potable ocasione una dependencia sobre el consumo de fuentes de agua no tratada para beber (Chaidez *et al.*, 2016; Agunbiade *et al.*, 2021). La demanda, junto con la falta de infraestructura para el tratamiento, ha obligado a los consumidores a almacenar agua de fuentes no tratadas, como pozos, manantiales, agua de lluvia y aguas superficiales (Salles *et al.*, 2014).

El agua limpia, no solo es un recurso vital, sino es una manera de prevenir enfermedades

transmitidas por el agua (diarrea, cólera, disentería, hepatitis A y tifoidea) (Horn *et al.*, 2022). Para asegurar el suministro de agua, se requiere del uso de procesos de reciclaje que consideren aspectos técnicos, económicos, sociales y ecológicos (Lüthi *et al.*, 2011). Algunos de los procesos menos costosos para minimizar la contaminación microbiana incluyen la cloración, floculación, desinfección solar y filtración (Chaidez *et al.*, 2016). Entre estos métodos de purificación, la filtración ha demostrado ser uno de los métodos más efectivos para la eliminación de patógenos (Rice *et al.*, 2012). La coagulación y floculación son procesos fisicoquímicos, utilizados para la remoción de los contaminantes presentes en el agua utilizados en filtros naturales, filtros de arena y filtros orgánicos. Estos se clasifican en coagulantes inorgánicos, orgánicos sintéticos o polímeros orgánicos naturales (PON) (Villaseñor-Basulto *et al.*, 2018). Los PON han mostrado ser afines con el medio ambiente, de bajo costo y presentan una mayor biodegradabilidad. Entre estos PON, *Moringa oleifera* (Mo), ha sido reportada por tener en su estructura vegetal ácidos grasos como Omega 9 (76%) y ácidos grasos saturados (ácido palmítico, esteárico y araquídico) (Kayode *et al.*, 2015). Además de los ácidos grasos, presenta en su estructura saponinas, flavonoides, esteroides, terpenoides, fenoles y triterpenoides (Buthadaa *et al.*, 2015). *M. oleifera* como PON ha mostrado tener actividad ovicida y larvicida contra *Haemonchus contortus* (parásito de diferentes especies de ganado), las fracciones de saponinas y taninos presentes en *M. oleifera*, desestabilizan la membrana celular en el parásito, mientras que las semillas pueden reducir la motilidad de larvas en etapa infectiva (Cabardo *et al.*, 2017).

Además de la coagulación y floculación, la purificación del agua con *M. oleifera*, se ha llevado a cabo mediante procesos de adsorción, en columna empacada y por biosorción (Shinomol *et al.*, 2016; Villaseñor-Basulto *et al.*, 2018). Kansal *et al.* (2015) han reportado que la efectividad de *M. oleifera*, sobre el grado de la purificación del agua, debe considerar tres pasos principales: i) preparación de la harina; ii) extracto proteico; y, iii) purificación. *M. oleifera* ha sido utilizada en la remoción de colorantes

utilizados en la industria textil, en el tratamiento de efluentes del aceite de palma, en la industria láctea, la industria del concreto, en el tratamiento de agua doméstica y municipal, en la remoción de metales pesados, en aguas residuales de la industria ganadera y alimentaria, en la inhibición del crecimiento bacteriano, en la reducción de la turbidez, la salinidad, la remoción de sólidos disueltos totales, y en la clarificación del agua (Sandoval-Arreola y Laines-Canepa, 2013; Hernández-Bojorge *et al.*, 2016; Villaseñor-Basulto *et al.*, 2018; Bouchareb *et al.*, 2021; Khalfaoui *et al.*, 2022).

La eficiencia del proceso con *M. oleifera* está relacionada con el tamaño de la partícula (rango 1.2 nm a 1.5 nm). Esta característica reduce la presencia de algunos lípidos que están presentes en las semillas, teniendo mayor afinidad de adsorción para los sólidos en suspensión, contribuyendo a reducir la turbidez y el color aparente en el tratamiento de agua. Otro de los factores a considerar es el pH. Entre 9.6 y 10 se tienen propiedades antimicrobianas y de coagulación importantes, mientras que a pH muy bajo (e.g. 2.5), se pueden eliminar iones catiónicos como cromo (Cr^{+6}) y arsénico (As^{+5}) (Vilaseca *et al.*, 2014). La temperatura y la concentración de *M. oleifera* en sólido y en extracto, así como con el uso de disolventes (cloruro de sodio, cloruro de potasio, hidróxido de sodio), son factores determinantes en la purificación del agua (Sandoval-Arreola y Laines-Canepa, 2013; Villaseñor-Basulto *et al.*, 2018; Khalfaoui *et al.*, 2022).

El uso de soluciones salinas en la extracción dentro del proceso de purificación mejora las propiedades coagulantes en comparación con la extracción en agua, ya que las sales aumentan las fuerzas iónicas, lo que incrementa los principios activos y favorece el desprendimiento de las proteínas incrementando la solubilidad. Para el tratamiento de efluentes ganaderos con semilla de *M. oleifera*, se han obtenido resultados en la eliminación de la carga contaminante en un 64%, mientras que el tratamiento de aguas residuales porcinas, mostraron una remoción de coliformes totales y termotolerantes del 96 y 94 %, respectivamente.

En aguas residuales generadas por la industria láctea, se ha reportado una remoción de la carga contaminante del 50% con mayor efectividad en la remoción de color y turbidez (Maldini *et al.*, 2014). Se ha utilizado *M. oleifera* para el tratamiento de aguas residuales textiles, y en colorantes como rojo de metilo, cristal violeta, azul de metileno, rojo congo, reactivo azul 198, con remociones de alrededor del 90 % (Cabardo y Portugaliza, 2017). Respecto a la inhibición de microorganismos en agua de irrigación y en agua residual, se ha reportado una remoción de la turbidez del 96.8% y del 90%, respectivamente; mientras que la remoción de huevos de helminto reportada es del 90.5%. Hernández-Bojorge *et al.* (2016) reportaron una inhibición en el crecimiento de *Salmonella sp.* utilizando *M. oleifera*.

Respecto a la remoción de metales pesados, ésta varía dependiendo del tratamiento y del tipo de agua residual. En agua municipal, se ha reportado una remoción del 46% para plomo (Pb), del 30 % para cromo (Cr), 61 % para Zinc (Zn), 99% de cobre (Cu) y 71% para cobalto (Co). Shinomol *et al.* (2016) han reportado una remoción de metales pesados como Co, Cd, Cu, Zn, As y Hg, en cuerpos de agua, mostrando una remoción del 60 al 90% de estos metales. El uso de *M. oleifera*, a partir de los extractos de las hojas o de las semillas se puede utilizar en diferentes dosis, dependiendo del tipo de agua a tratar. Se ha reportado que, para la inhibición de microorganismos en depósitos y aguas superficiales, se podrían utilizar 1 000 mg de *M. oleifera* por cada litro de agua. Virk *et al.* (2019); Amanpreet *et al.* (2019) demostraron que el extracto acuoso de la semilla de *M. oleifera* presenta actividad antibacteriana contra bacterias patógenas como *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhi* en la purificación del agua, en dosis de 100 mg por cada litro de agua. La remoción de colorantes, como el rojo de metilo, ha mostrado resultados satisfactorios en dosis de 0.5 a 4 g/L de Mo (Hernández-Bojorge *et al.*, 2016; Villaseñor-Basulto *et al.*, 2018).

Respecto de la reducción de la turbidez en aguas residuales y en aguas no tratadas (brutas), la dosis recomendada es de 140 mg y 500 mg de *M.*

oleifera por cada litro de agua, respectivamente (Peterniani *et al.*, 2009; Bouchareb *et al.*, 2021). Jagaba *et al.* (2021), también evaluó la remoción de metales (Cd, Cu, Fe, Mn, Pb y Zn) en aguas residuales a través del proceso coagulación y floculación, encontrando dosis óptimas de remoción de 4 000 mg/L de *M. oleifera*. Por otro lado, se ha reportado que la dosis para la remoción de metales pesados en cuerpos de agua (ríos y lagunas) principalmente de Cu, Cd y Fe, es de 10 000 mg/L con remociones del 98%, mientras que, para el tratamiento de efluentes ganaderos con semilla, se recomiendan 7 g por cada litro de agua (Shan *et al.*, 2017).

Respecto a los costos, el uso de ultrafiltros de alimentación por gravedad, de bajo costo para el tratamiento microbiano (e.g. LifeStraw Family 1.0) tienen un costo aproximado de USD \$90; mientras que *M. oleifera* a nivel comercial tiene un costo que oscila entre \$11 y \$44 USD. El ultrafiltro está diseñado para producir alrededor de 9 L/h de agua, con la capacidad de proporcionar agua tratada a una familia de 5 personas durante 3 años (Yin *et al.*, 2010; Kashaninejad *et al.*, 2021). Considerando los costos anteriores, el uso del ultrafiltro tendría un costo unitario por cada litro de agua de USD \$0.005; mientras que para *M. oleifera* se estimaría en USD \$0.002. Es importante resaltar que, en la revisión realizada, no se encontraron reportes de contraindicaciones para el uso de *M. oleifera* en agua para consumo humano.

Conclusiones

La revisión de literatura muestra que existen importantes antecedentes sobre el uso documentado de *M. oleifera* para la purificación de agua destinada a consumo humano. Las propiedades fisicoquímicas de los compuestos presentes en esta planta le confieren una alta eficiencia para la remoción de Cu, Cd, Zn, Co, As, Mg y Fe, para disminuir la turbidez, los sólidos suspendidos y la carga microbiológica. Aunque se trata de un árbol originario de Asia meridional, su potencial como complemento alimenticio y uso medicinal, popularizaron su consumo y extendieron su cultivo en amplias regiones de clima cálido húmedo y subhúmedo del país. La

literatura refiere que tanto la semilla, como la corteza y las hojas tienen potencial para la purificación de agua, lo cual aumenta el rendimiento de la planta. La facilidad para su cultivo en la mayor parte del estado de Guerrero hace al producto altamente accesible y de bajo costo, lo que, combinado con la facilidad para su aplicación, no genera dependencia tecnológica. Por lo anterior, se recomienda realizar pruebas a un nivel focalizado que permita extender su aplicación hacia un uso local, una vez que se hayan estandarizado las dosis y la forma de aplicación en las condiciones guerrerenses, dado que la planta muestra un alto potencial para contribuir a la disminución en diversas enfermedades de tipo gastrointestinal asociadas al consumo de agua que no reúne condiciones de potabilidad.

Referencias

- Agunbiade, O.J., Famutimi, O.G., Kadiri, F.A., Kolapo, O.A., Adewale, I.O. (2021). Studies on peoxidase from *Moringa oleifera* lam leaves. *Heliyon*, 7, e06032.
- Amanpreet, K.V., Chandresh, K., Astha, T., Apurva, K., Xiangkai, L., Saurabh, K. (2019). Development and efficacy analysis of a *Moringa oleifera* based potable water purification kit, *Journal of Water Process Engineering*, 37-46.
- Bhutada, P.R., Jadhav, A.J., Pinjari, D.V., Nemade, P.R., Jain, R.D. (2015). Solvent assisted extraction of oil from *Moringa oleifera* Lam, Seeds. *Industrial Crops and Products*, 82, 74-80.
- Bouchareb, R., Derbal, K., Benalia, A. (2021). Optimization of active coagulant agent extraction method from *Moringa oleifera* seeds for municipal wastewater treatment. *Water Science and Technology*, 84, 393-403.
- Cabardo, D.E., Portugaliza, H.P. (2017). Anthelmintic activity of *Moringa oleifera* seed aqueous and ethanolic extracts against *Haemonchus contortus* eggs and third stage larvae. *International Journal of Veterinary Science and Medicine*, 5, 30-34.
- Chaidez, C., Ibarra-Rodríguez, J.R., Valdez-Torres, J.B., Soto, M, Gerba, C.P., Castro-del Campo, N. (2016). Point-of-use Unit Based on Gravity Ultrafiltration Removes Waterborne Gastrointestinal Pathogens from Untreated Water Sources in Rural Communities. *Wilderness & Environmental Medicine*. 27, 379–385.
- George, K.S., Revathi, K.B., Deepa, N., Sheregar, C.P., Ashwini, T.S., Das, S. (2016). A study on the potential of moringa leaf and bark extract in bioremediation of heavy metals from water collected from various lakes in Bangalore. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 869-880.
- Hernández-Bojorge, S.H., Cawich, N.Z., Gómez-Lejarza, M., González-Moncada, C. (2017). Eficacia de la semilla de *Moringa oleifera* en el aclaramiento del agua. *Universidad y Ciencia*, 9(14), 31–44.
- Horn, L., Shakela, N., Mutorwa, M.K., Naomab, E., Kwaambwa, H.M (2022). *Moringa oleifera* as a sustainable climate-smart solution to nutrition, disease prevention, and water treatment challenges: A review. *Journal of Agriculture and Food Research*. 10, 100397.
- Jagaba, A.H., Kutty, S.R.M., Hayder, G., Baloo, L., Ghaleb, A.A.S., Lawal, I.M., Abubakar, S., Al-dhawi, B.N.S., Almabashi, N.M.Y., Umaru I. (2021). Degradation of Cd, Cu, Fe, Mn, Pb and Zn, by *Moringa-oleifera*, zeolite, ferric-chloride, chitosan and alum in an industrial effluent. *Ain Shams Engineering Journal*. 12, 57-64.
- Jensen, P.K., Ensink, J.H.J., Jayasinghe, G., Van Der H.W., Cairncross, S., Dalsgaard, A. (2002). Domestic transmission routes of pathogens: the problem of in-house contamination of drinking water during storage in developing countries. *Trop Med Int Health*. 7, 604–609.
- Kansal, S.K., Kumari, A. (2015). Potential of *M. oleifera* for the Treatment of Water and Wastewater. *Chemical Reviews*, 114, 4993-5010.
- Kayode, R.M.O., Afolayan, A.J. (2015). Cytotoxicity and effect of extraction methods on the chemical composition of essential oils of *Moringa oleifera* seeds. *Journal of Zhejiang University-Science B*, 16, 680-689.
- Kashaninejad, M., Blanco, B., Benito-Román, O., Beltrán, S., S. Niknam, S.M., Sanz, M.T. (2021). Maximizing the freeze-dried extract yield by

- considering the solvent retention index: Extraction kinetics and characterization of *Moringa oleifera* leaves extracts. *Food and Bioproducts Processing*, 130, 132-142.
- Khalfaoui, A., Bouchareb, E.M., Derbal, K., Boukhaloua, S., Chahbouni, B., Bouchareb, R. (2022). Uptake of Methyl Red dye from aqueous solution using activated carbons prepared from *Moringa Oleifera* shells. *Cleaner Chemical Engineering*. 100069.
- Lüthi, C., Panesar, A., Schütze, T., Norström, A., Mcconville, J., Parkinson, J., Saywell, D., Ingle, R. (2011). *Sustainable Sanitation in Cities: A Framework for Action*, Papiroz Publishing House, Rijswijk, The Netherlands.
- Maldini, M., Maksoud, S.A., Natella, F., Montoro, P., Petretto, G.L., Foddai, M., De Nicola, G.R., Chessa, M., Pintore, G. (2014). *Moringa oleifera*: study of phenolics and glucosinolates by mass spectrometry. *Journal of Mass Spectrometry*, 49, 900–910.
- Shan, T.C., Matar, M.A., Makky, E.A., Ali, E.N. (2017). The use of *Moringa oleifera* seed as a natural coagulant for wastewater treatment and heavy metals removal. *Applied Water Science*, 7, 1369–1376.
- Peterniani, J.E.S., Mantovani, M.C, Sant’Anna, M.R. (2009). Uso de sementes de *Moringa oleifera* para tratamento de águas superficiais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13, 765-771.
- Rice, E.W., Baird, R.B., Eaton, A.D., Clesceri, L.S., eds. (2012). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22nd ed. Washington, DC: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. [Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater, 23rd Edition \(wef.org\)](https://www.wef.org/).
- Salles, H.O, Linhares-Braga, A.C, dos Santos-Canuto do Nascimento, M.T., Paiva-Sousa, A.M., Rodrigues-Lima, A.R., da Silva-Vieira, L, Rocha-Cavalcante, A.C, do Egito, A.S., da Silva-Andrade, L.B. (2014). Lectin, hemolysin and protease inhibitors in seed fractions with ovicidal activity against *Haemonchus contortus*. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinaria*, 23,136-143.
- Sandoval-Arreola, M.M., Laines-Canepa, J.R. (2013). *Moringa oleifera* una alternativa para sustituir coagulantes metálicos en el tratamiento de aguas superficiales. *Ingeniería* 17(2), 93-101.
- Vilaseca, M., López-Grimau, V., Gutiérrez-Bouzán, C. (2014). Valorization of waste obtained from oil extraction in *Moringa oleifera* seeds: coagulation of reactive dyes in textile effluents. *Materials (Basel)*, 7, 6569-6584.
- Villaseñor-Basulto, D.L., Astudillo-Sánchez, P.D., del Real-Olvera, J., Bandala, E.R. (2018). Wastewater treatment using *Moringa oleifera* Lam seeds: A review. *Journal of Water Process Engineering*, 23, 151-164.
- Virk, A.K., Kumari, C., Tripathi, A., Kakade, A., Li, X., Kulshrestha, S. (2019). Development and efficacy analysis of a *Moringa oleifera* based potable water purification kit. *Journal of Water Process Engineering*, 27, 37-46.
- Yin, C.Y. (2010). Emerging usage of plant-based coagulants for water and wastewater treatment. *Process biochemistry*, 45, 1437-1444.