

César Armando Mesa Martínez - Jorge Mario Palacio Zuleta

**Institución Universitaria Tecnológico de
Antioquia**

Tipo de Artículo: (Revisión o Reflexión).

Recibido: 00/00/0000. Aprobado: 00/00/0000. Publicado:
00/00/0000

**Uso de la *Moringa oleifera* como coagulante alternativo en la potabilización de
agua en zonas rurales de Colombia**

Resumen

La potabilización de agua en zonas rurales de Colombia ha tenido diversas dificultades por factores como los costos en insumos y problemas de accesibilidad a las zonas rurales. Por otro lado, se tiene la necesidad de utilizar métodos que favorezcan el cuidado del medio ambiente y disminuyan el riesgo de toxicidad. En vista de todo esto los últimos años se han desarrollado diversas investigaciones que buscan un eficiente tratamiento del agua con el objeto de cumplir las normas mínimas requeridas para consumo humano y que debido a sus características favorecería este proceso en las zonas rurales. Es así, como la planta *Moringa oleifera* ha captado la atención por parte de varios investigadores, gracias a sus propiedades coagulantes, y otras características que favorecen el tratamiento de las aguas. De este modo, esta revisión hace un recuento de algunos ensayos llevados a cabo en zonas rurales de Colombia, donde se ha investigado el uso de la semilla de la *Moringa oleifera* en los procesos de coagulación. Sumados a estas revisiones, se realiza un análisis de la información más relevante donde se discuten las ventajas y desventajas de la utilización de la *Moringa oleifera* en los procesos de potabilización de agua y las oportunidades que aún existen al respecto. Se evidencia así que a pesar de las

destacadas propiedades que puede tener para el uso en el tratamiento de agua, falta mucho por hacer en cuanto la estandarización de procesos de potabilización, y el cumplimiento de algunos requerimientos normativos.

Abstract

Water purification in rural areas of Colombia has had several difficulties due to factors such as the cost of inputs and accessibility problems in rural areas. On the other hand, it is necessary to use methods to improve environmental care and reduce toxicity risk. Due to the mentioned factors, during the last years, several investigations have been carried out in order to seek an efficient treatment of water in order to comply with the minimum standards required for human consumption. This is how the *Moringa oleifera* has captured the attention of several researchers, thanks to its coagulant properties and other characteristics that improve water treatment. Thus, this review contains a report of some tests carried out in rural areas of Colombia, where the use of Moringa's seed in coagulation processes has been investigated. In addition to these reviews, and analysis of the most relevant information is carried out to discuss the advantages and disadvantages of the use of *Moringa oleifera* in water purification processes and the opportunities that exist in the same sense. It is evident that, despite the outstanding properties that it may have for use in water treatment, exist a lot of work to do in terms of standardization of water purification processes, and compliance with some regulatory requirements.

Palabras clave: coagulante, agua potable, potabilización, tratamiento de agua, *Moringa Oleifera*

1. Introducción

A través del tiempo, el agua ha demostrado ser uno de los compuestos más fundamentales para la supervivencia humana, debido al estrecho vínculo que esta posee con la

salud, la educación y el desarrollo de una población (ONU, 2019). Es por ello, que el hombre desde tiempos remotos ha realizado diversos estudios e intervenciones con el fin de entender los diversos comportamientos y fenómenos que la involucran, y así garantizar su acceso y condiciones necesarias para su uso y/o consumo.

El agua dulce, que constituye aproximadamente el 3% del agua del planeta tierra, se origina principalmente de 2 fuentes: subterránea y superficial, pero solo el 0.62% está disponible para el desarrollo y sostenimiento de la vida humana (Salamanca, 2016). Los depósitos de agua dulce se encuentran en la mayoría de los casos expuestos a condiciones externas, que le confieren diferentes características, físicas, químicas y microbiológicas. En Colombia se destaca la presencia de metales pesados en las diversas fuentes hídricas, debido a la minería que crece continuamente en las zonas rurales (Gallo *et al.*, 2021), alta presencia de coliformes fecales (Fontalvo *et al.*, 2018) entre otras sustancias producto de actividades antrópicas. Todas estas situaciones, anexadas a las condiciones iniciales que presentan estos depósitos de agua, provocan lo que conocemos como contaminación. El consumo de esta agua contaminada puede ser potencial transmisor de enfermedades como el cólera, la disentería, la fiebre tifoidea, etc. Se calcula que la contaminación del agua potable provoca más de 502.000 muertes por diarrea al año en el mundo (OMS, 2019). Dado que en la actualidad no se puede garantizar la idoneidad del recurso hídrico, se debe realizar un tratamiento previo del agua para su consumo, donde dependiendo de factores como geografía, economía, condiciones climáticas y contextos socioculturales, varía su forma de realizar este procedimiento.

En Colombia el proceso de potabilización del agua se realiza de acuerdo con una serie de actividades determinadas por el gobierno nacional. Pero desafortunadamente dicho acceso se da con cierta desigualdad dependiendo de la geolocalización de la población. Solo el 35 % de la población tiene acceso a agua potable (Forero, 2021), con respecto a las zonas rurales, habitada por aproximadamente 11 millones de personas, una tercera parte de esta población no tiene acceso al agua potable (Carrasco, 2016). Es así como en algunas zonas rurales de

Colombia, que no poseen sistemas abastecimiento y/o tratamiento de agua, se debe recurrir a otras alternativas como los son: conexiones ilegales a la red pública, toma del líquido directamente de los ríos, lagos, pozos profundos o camiones cisterna (Moreno, 2020). La mayoría de estas soluciones representan altos costos para los usuarios, tanto económicas como de detrimento de la salud. Este último aspecto genera potencial riesgo de salud especialmente en los niños y adultos mayores que es la población más vulnerable (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010). A esto se suman otros dos factores que acrecientan esta problemática, como lo son las condiciones de infraestructura y vías en estos lugares, donde en promedio a nivel nacional, solo el 6% del total de las vías terciarias se encuentra en buen estado (Bolívar, 2019), limitando la circulación de insumos, tecnologías, materias primas y personal calificado para el desarrollo de muchas actividades, donde el tratamiento del agua se hace más difícil (Bello *et al.*, 2020).

El cumplimiento de estos estándares es atribuido a un tratamiento eficiente, que obtiene gracias a sistemas de tratamiento que utilizan principios físicos como: sedimentación, filtración, absorción, rayos UV; por químicos como: coagulación, electroquímica, oxidación, reducción catalítica, desinfección; y biológicos como: biodegradación biológica, digestores, biorreactores (Ang y Wahab, 2020). Es preciso decir, que la mayoría de las aguas contaminadas poseen un factor común que es la presencia de partículas suspendidas y disueltas, comúnmente conocidas como coloides que deben ser removidas para dar cumplimiento a parámetros de calidad del agua como lo son la turbidez, olor y sabor, que pueden afectar la salud de los seres humanos (Mendoza *et al.*, 2020). Para poder efectuar el proceso de coagulación, tradicionalmente se han utilizados sustancias como sulfato de aluminio, cloruro férrico, cloruros de polialuminio y polímeros sintéticos. Para muchos países en desarrollo, este proceso de tratamiento no es factible debido a los altos costos que implica y la dificultad de evaluar los coagulantes químicos, incluido el alumbre. Además, estudios recientes han señalado las amenazas para la salud

derivadas del consumo de aluminio residual presente en el agua, como la enfermedad de Alzheimer y las enfermedades neurodegenerativas (Yimer *et al.*,2021).

Es por eso por lo que en los últimos años se ha evidenciado un aumento en las investigaciones que buscan alternativas para la potabilización del agua, tratando de llegar a cumplir los estándares de calidad requeridos por la legislación nacional, utilizando diferentes métodos como lo es la utilización de coagulantes naturales. La *Moringa oleifera* ha demostrado ser un recurso importante para provocar la coagulación en el proceso de tratamiento de aguas. Este artículo de revisión tiene por objeto conocer el potencial de esta planta para la potabilización del agua en zonas rurales de Colombia.

2. Metodología

Esta revisión tuvo en cuenta la utilización de diferentes motores de búsqueda, como Scopus, Scielo, Dialnet, y ScienceDirect, así como también una búsqueda general en Google Académico. Se eligieron las palabras clave “tratamiento de aguas”, “*Moringa oleifera*”, “zonas rurales”, “floculación” y “coagulación”, para obtener una amplia gama de artículos para ser analizados y para el análisis bibliográfico. No se aplicaron limitaciones geográficas y la búsqueda se limitó a artículos publicados en los últimos diez años, cuando fue posible. Se seleccionaron y examinaron títulos y resúmenes de publicaciones entre artículos, libros, normativas que se seleccionaron en función de su relevancia con respecto al objetivo de la revisión. Se enfocó el análisis en el sector de tratamiento de aguas y actividad floculante y coagulante de la *Moringa oleifera*. Se prestó especial atención a los procesos de coagulación, aunque se consideraron para su inclusión todos los estudios de tratamiento de agua. Se seleccionaron un total de 50 referencias, de las cuales la mayoría son artículos de revistas de las áreas de investigación en ingeniería, y ciencias ambientales. También se exploraron trabajos de grado de diferentes universidades colombianas, páginas oficiales del gobierno de Colombia y Agencias de protección ambiental.

3. Características generales *Moringa oleífera*

La *Moringa oleífera* proviene del norte de India y de algunas zonas del norte de Europa, en la actualidad esta planta puede hallarse en diferentes partes del mundo, entre las que encontramos la zona del mar rojo, algunas partes de Asia y África, Centro y Sur del continente americano. Es por ello por lo que esta planta recibe diversos nombres dependiendo su procedencia, entre los que se destacan: La acacia, árbol de las perlas, moringa, paraíso de España, perla de la India, perla de Oriente, San Jacinto, murunga, murinna, moringo, african moringa, ben tree, ben nut, ben oil tree, drumstick tree, moringa (Gonzalez, 2016).



Gráfico 1. *Moringa oleífera* planta adulta (Rangel, 1999)

La clasificación de esta planta indica que es de la división *Antophyta*, clase *Magnoliopsida*, subclase *Dilleniidae*, orden *Capparidales* y familia *Moringaceae*. La altura de la planta varía de 5m a 12m con copa abierta en forma de paraguas, tronco erecto con espesor de 10 cm a 30 cm, corteza blanquecina y esponjosa. Las hojas tienen forma de pluma y son color verde-pálido. Los frutos, cuando están secos, se parten longitudinalmente en tres. Las semillas son de color marrón oscuro con tres alas y aspecto del papel. La raíz primaria es gruesa. El árbol florece y produce frutos y semillas durante todo el año (Rangel, 1999)

Este árbol posee una resistencia a condiciones de humedad muy bajas, siendo los ambientes áridos y semiáridos, las condiciones ideales de crecimiento donde mejor puede desempeñarse esta especie (Feria *et al.*, 2013). Tiene como particularidades, el poseer un óptimo desarrollo en alturas inferiores a los 600 metros sobre el nivel del mar, lugares con pocas precipitaciones entre los 250 y 3000 mm por año (Trigo *et al.*, 2020), convirtiéndola en una planta que no requiere de muchos cuidados ni tampoco el uso de grandes recursos para que pueda ser cultivada. Otro aspecto bastante importante de esta especie es el alto aprovechamiento que tienen sus partes para diferentes finalidades. Dentro de los que más se destacan es el uso de sus hojas como alimento gracias a su composición altamente nutricional, la utilización de sus flores como alternativas medicinales, uso de su tallo para extracción de aceites muy utilizados a nivel agroindustrial, y finalmente sus semillas que son comúnmente conocidas como coagulantes y herbicidas en el proceso de tratamiento del agua (Velázquez *et al.*, 2015).

Las semillas de la planta *Moringa Oleifera* están constituidas por varios compuestos, los cuales se encuentran divididos entre 9,98% a 51,80 % de proteína, 17,26% a 20,00 % en fibra cruda, 3,36% a 18,00 % de carbohidratos, 38,67% a 43,60 % de grasa y 3,6 g a 5,0 g de ceniza por cada 100 gramos de semillas de esta planta (Trigo *et al.*, 2020). La caracterización que posee esta planta hace ver que esta tiene los compuestos necesarios para poderse desempeñar como un buen coagulante, donde se destaca especialmente el gran porcentaje de proteína y fibras,

que son los factores principales en el proceso de aglutinamiento de la materia orgánica (Gassenschmidt *et al.*, 1995).

4. Propiedades coagulantes de la *Moringa oleífera*

Gandiwa *et al.* (2020), Mussarat *et al.* (2020), Ueda *et al.* (2020) refieren distintas investigaciones en las cuales se menciona la actividad coagulante de esta planta. Esto implica que al agregarla al agua se produzca una reducción de las fuerzas que tienden a mantener las partículas separadas. El propósito de la coagulación es desestabilizar las partículas y permitir que se adhieran a otras partículas para que puedan ser eliminadas en procesos posteriores. Las partículas en las fuentes de agua que contribuyen al color y la turbidez son principalmente arcillas, limos, virus, bacterias, ácidos fúlvicos y húmicos, minerales (incluyendo asbesto, silicatos, sílice y partículas radiactivas) y partículas orgánicas. El proceso de coagulación ocurre físicamente en un proceso de mezcla rápido.

El desarrollo del proceso de coagulación ha sido un proceso bastante analizado, debido a las oportunidades que se presentan allí para mejorar su eficiencia. La interacción entre el coagulante y el coloide es un proceso fisicoquímico, que tienen como finalidad, eliminar la mayoría de las partículas coloidales presentes (Bravo, 2017). Para que este proceso pueda llevarse a cabo, es necesaria la presencia de un agente coagulante, el cual se encarga de aglomerar los sólidos suspendidos en el agua, provocando que estas se aglutinen y posteriormente se precipiten. El principio fisicoquímico consiste en cancelar las cargas electrostáticas presentes en los coloides y generar una compresión en los mismos que permitan la formación de flóculos, que posteriormente interaccionan entre ellos, conformando así partículas mucho más grandes, que finalmente se precipitan (Borrás, 2010). Para el caso de productos naturales que son utilizados como coagulantes, se ha determinado que estos deben contener una cantidad importante en su constitución, del material activo para este proceso como lo son los carbohidratos, taninos y proteínas (Raghuwanshi *et al.*,

2002), también que puedan tener una constitución de polímeros lineales con alto peso molecular que sirvan para realizar el barrido de contaminantes, favoreciendo la resistencia a las fuerzas de corte y acelerar la formación de flóculos (Bravo, 2017). Es por ello, que se hace necesario realizar en primera instancia una caracterización del compuesto, para determinar si posee una cantidad importante de estos principios activos.

La *Moringa oleifera* cuenta con una gran carga proteica, donde se destacan la presencia de proteínas catiónicas de diferentes pesos moleculares que son el principio activo más importante de la coagulación, con un valor agregado, el cual es su capacidad antimicrobiana (Okuda et al., 2001). Es así como la semilla de esta planta es uno de los coagulantes naturales más empleados del mundo, presentando remociones similares a coagulantes químicos como el Sulfato de Aluminio $Al_2(SO_4)_3$ o (Betatache et al., 2014). Se ha encontrado que su aplicación más viable sería como coadyuvante de floculación, además, se ha encontrado buena capacidad absorbente con potencial para eliminar pesticidas, tintes, y hasta productos farmacéuticos. Los últimos años los estudios se han centrado en comprender principalmente cómo el mecanismo de coagulación ocurre, identificar las proteínas que son agentes coagulantes y técnicas de aislamiento. Además, se han evaluado nuevos métodos para mejorar la eliminación de contaminantes en la coagulación / floculación, como la funcionalización con nanopartículas (Ueda et al., 2020).

Por otra parte, si se desea llevar a cabo un trabajo de coagulación en zonas rurales con materiales naturales, es indispensable que estos productos, sean asequibles en términos económicos, logísticos, legales, ambientales y estructurales, buscando así la integralidad necesaria para el desarrollo de estos procesos, donde se busque realizar este proceso de coagulación de una forma sencilla, al tiempo que esto no genera un sobre costo y afectaciones en el medio ambiente, mientras se respetan las normas establecidas al igual que la salud de las personas expuestas a este tipo de tratamientos. Es así como muchas investigaciones, se han dado a la tarea de explorar varias opciones sobre el uso de compuestos naturales que

puedan servir en la tarea de coagulación, en los cuales, existe uno que resalta especialmente gracias a su constitución y accesibilidad, como es el caso de la *Moringa oleifera* (Gassenschmidt *et al.*, 1995).

Por otro lado, su composición, fácil cultivo y sostenimiento, la convierten en una alternativa muy interesante para el tratamiento de agua. Se han propuesto una diversidad de investigaciones que utilizaron estas semillas, siendo la coagulación y la floculación los procesos más investigados (Ueda *et al.*; 2020).

5. Uso de la *Moringa oleifera* en el tratamiento de aguas en el contexto internacional

El fenómeno de coagulación con el uso de semillas de *Moringa Oleifera* es uno de los procesos más investigado, las bases de datos evidencian un aumento de las investigaciones relacionadas en los últimos años, sobre todo en con el propósito de entender los mecanismos de coagulación y la optimización de este proceso, uno de los casos que más se ha trabajado es en el desarrollo de técnicas de aislamiento (Boulaadjoul *et al.*, 2018). En cuanto al uso de este recurso para la potabilización de agua se han reportado el uso de polvo de semillas de Moringa para la purificación de agua de río con el propósito de aclarar el agua turbia y el cobre, como agente antibacteriano para destruir patógenos como *E. coli*, evidenciándose cumplimiento de parámetros de calidad para el agua potable. La técnica es reproducible, rentable y capaz de producir agua potable limpia para uso doméstico, sin ningún tipo de fuente de energía o asistencia técnica y una estimación aproximada del costo es de 0,5 c por litro de agua potable (Varquey, 2020). También se ha demostrado que los extractos de polvo de semillas de *Moringa oleifera* tienen el potencial de reducir la turbidez corregir el pH y el total de sólidos disueltos según los estándares establecidos por las pautas de la Organización Mundial de la Salud. Además, el coagulante también tiene la capacidad de reducir patógenos como especies de *Salmonella*, especies de *Shigella*, bacterias coliformes, hongos y diversas formas de microbios que se encuentran en las aguas residuales. En general, *Moringa oleifera* del sur de Malawi se usa como

una alternativa más barata para aclarar las aguas residuales y reducir las poblaciones microbianas transmitidas por el agua en la dosis óptima. Sin embargo, el polvo de semillas de *Moringa oleifera* no garantiza que el agua cruda termine completamente libre de gérmenes patógenos, pero el agua se limpia y se hace más segura para fines domésticos que la situación actual sin tratar. Este proceso no es ideal para eliminar sodio, potasio y calcio de las aguas residuales (Vunain et al, 2019). Investigaciones realizadas en Nigeria han evidenciado que los parámetros de calidad del agua tratada con la proteína cumplían con la mayoría de los estándares nigerianos para la calidad del agua potable. Sin embargo, a pesar de todos estos beneficios, los coagulantes naturales deben aplicarse eficazmente al proceso de coagulación y tratamiento del agua a escala solo debe efectuarse después de someterse a pruebas que certifiquen su no toxicidad, biodegradabilidad y viabilidad (Taiwo et al., 2020).

Caldera et al., (2007) evaluaron muestras provenientes de la planta de tratamiento Pueblo Viejo, estado Zulia, Venezuela. A las muestras se acondicionaron agregando caolín hasta alcanzar los valores de turbidez inicial deseados. Los resultados demostraron la eficiencia de las semillas de *M. oleifera* para remover la turbidez desde 75 y 150 NTU a valores mínimos de 14,9 y 8,5 NTU, respectivamente. Las concentraciones óptimas del coagulante *M. oleifera* para valores de turbidez inicial de, fueron de 500 ppm y 400 ppm, respectivamente. Los porcentajes de remoción para dichas concentraciones fueron de 80,1% y 94,3%. El coagulante mostró mayor eficiencia a un valor mayor de turbidez inicial.

Nuñez (2007) realizó con muestras de agua del río Neteapa el cual abastece el casco urbano del municipio de Morocelí y con semillas de *Moringa oleifera* provenientes de la zona sur de Honduras. Se realizaron ensayos con cuatro dosis de la semilla de *Moringa oleifera* obteniendo una reducción en la turbidez de hasta el 98%. mediante la aplicación de 0.15 a 0.50 gramos por cada litro de agua.

6. Uso de la *Moringa oleifera* para Potabilización de Agua en Colombia

En Colombia existen varios reportes sobre alternativas de procesos de tratamiento de agua utilizando coagulantes naturales para utilizar en zonas rurales, o con deficiencias de acceso al agua potable. A continuación, se describen los antecedentes más destacados encontrados con respecto a la capacidad de coagulación de la *Moringa oleifera* publicadas en los últimos años.

Meza-Leones *et al.*, (2018) realizaron un estudio en el municipio de Malambo, el cual tuvo como finalidad evaluar la eficacia del tratamiento de agua proveniente la ciénega utilizando como coagulante semillas de *Moringa oleifera*. En el proceso de preparación de las semillas a ser utilizadas se desatacan el triturado de estas con la ayuda de una licuadora industrial, el tamizado del producto resultante (diámetro de 1,0 mm) y finalmente, la realización de una extracción de grasas Soxhlet, haciendo un posterior secado por 30 minutos a temperatura ambiente, donde finalmente son preparadas diversas soluciones con agua como solvente, para determinar su concentración óptima. En cuanto a la técnica de evaluación utilizada, se realizó un test de jarras, donde se determinó que esta tuvo un porcentaje de remoción de material orgánico del 64% teniendo un valor final de turbiedad de 20,6 NTU partiendo de una muestra inicial con 56,5 NTU, siendo los 750 mg/l la dosificación óptima del compuesto sin tener alteraciones en el pH y la temperatura.

Feria *et al.* (2014) realizaron una investigación en el departamento de Córdoba, cerca al río Sinú. En esta investigación se evaluó el uso de las semillas de la *Moringa oleifera* como coagulante natural usada en el mismo río, donde se hace una preparación de las semillas de dos formas diferentes, inicialmente ambas preparaciones llevan un secado inicial de las semillas en un horno por espacio de 1 hora a 105°C, donde son molidas y maceradas (diámetro de 0,25 mm). Finalmente, el aspecto más diferenciador entre ambas preparaciones es la extracción tipo Soxhlet que posee una de ellas, mientras que la otra no la tiene. El método de evaluación es el test de jarras, en el cual se pudo observar que el resultado entre ambas soluciones no tuvo una diferencia significativa, lo que determina así que el proceso de extracción no es sensible para

mejorar el desempeño en el proceso de coagulación. La dosificación óptima de este compuesto es de 150 mg/l utilizando como solvente una solución de cloruro de sodio al 1%, obteniendo un porcentaje de remoción del 97,9% pasando de una turbiedad inicial del 364 NTU a 7,50 NTU, sin tener modificaciones de pH y temperatura.

Aguirre *et al.* (2018) buscaron el tratamiento alternativo en el río Magdalena a la altura del corregimiento de Palermo, en este estudio se busca evaluar el potencial que poseen las semillas de *Moringa oleifera* como coagulante natural. En este caso las semillas son secadas a la intemperie por espacio de un día, donde luego son molidas y tamizadas utilizando una malla de diámetro de 0,5 mm. Luego se prepara una solución de diferentes concentraciones con el polvo de la *Moringa oleifera*, con el fin de hallar la fórmula óptima de dosificación. El solvente utilizado, es una solución preparada con cloruro de sodio al 0,5%, y se realizan ensayos en un test de jarras, donde se obtuvo una remoción del 96,7% de material orgánico, pasado de 126,6 NTU a una turbidez final de 4,1 NTU, sin afectaciones las condiciones de pH. La concentración del extracto de las semillas es de 1000 mg/l. Los resultados de este ensayo cumplen con los parámetros de turbiedad y pH exigidos por la resolución 2115 del 2007.

Lugo *et al.* (2020) en su trabajo evalúa procesos de tratamiento no convencionales de bajo costo en pueblos de la zona de Ciénaga Grande de Santa Marta. Entre los procesos se tuvieron en cuenta uso de dos coagulantes naturales, *Moringa oleifera* y *Cassia Fistula* con la ayuda de otros tratamientos físicos adicionales. Utilizando estos dos coagulantes naturales, tanto la turbidez como los coliformes totales lograron reducciones significativas.

Cupa *et alq.* (2021) llevaron a cabo la construcción y evaluación de un filtro de agua potable para su aplicación en la comunidad rural de la vereda de vallado parte alta en el municipio de Monguí en el departamento de Boyacá brindando una alternativa económica y sostenible a la población.

Tabla 1. Resumen de los resultados obtenidos en estudios recientes realizados en Colombia para potabilización de agua usando como coagulante *Moringa Oleifera*

Región	Conclusiones sobre los Parámetros	Fuente de agua	Preparación de la Moringa
Malambo, Atantico,	Remoción de la turbidez 64 % Sin alteración del pH	Rio Magdalena	Licuado y molienda de las semillas recolectadas en Malambo tamizado en una malla con abertura de 1.0 mm, extracción de grasas Soxhlet y secado. Se disuelve 1g del polvo obtenido en 100 mL de agua destilada
Cordoba	Remoción de la turbidez mayor al 90% Para turbiedades iniciales menores a 66,0 UNT, las eficiencias fueron también menores (entre 70 % y 85 %) Sin alteración del pH	Rio Sinú	Las semillas de <i>M. Oleífera</i> se seleccionaron, descascararon, secaron, molieron y tamizaron en una malla de 250 µm hasta obtener un polvo fino, que luego fue desengrasado usando un equipo de extracción Soxhlet. Se prepararon dosis de coagulante natural desde 4,5 mg/L y 17,5 mg/L en solución salina
Palermo	Reducción de la turbidez en 96.8% el Reducción del color en 97.8% Disminución del 99.4 y 99.2% de los coliformes totales y fecales, respectivamente	Rio Magdalena	Recolección de las semillas en el área de estudio, se despulparon y se secaron al sol, maceración y tamizaje por malla de 0.5 mm y extracción etanolica disuelta posteriormente en solución salina <i>Moringa</i> (2g L-1)
Santa Marta	Reducción de la turbidez 98.4% Reducción de Coliformes 76.9 % Baja remoción de la dureza del agua	Ciénaga grande	Se hace extracción de las semillas según Yin, C. Y. (2010) Dosis utilizada 150 mg/L

Meza-Leones *et al.*, (2018) Feria *et al.* (2014) Aguirre *et al.* (2018) Lugo *et al.* (2020) Cupa *et al.* (2021)

7. Normatividad Colombiana para la calidad del agua

En el marco legal colombiano, la legislación donde están fijados los parámetros que debe de tener el agua para poder ser consumida por las personas, se encuentran establecidos en la

resolución 2115 del año 2007. En este apartado también se establecen los valores mínimos y máximos de cada variable tanto en la parte microbiológica como fisicoquímica (Ministerio de protección social, 2007). Para necesidades de este artículo, los dos parámetros que tendrán una relevancia mayor sobre el desarrollo de las actividades llevadas a cabo con las semillas de la *Moringa oleifera* son la turbidez y el pH. Para el caso de estas 2 variables los parámetros permitidos son máximo 5 UNT (Unidad nefelométrica de turbidez) para el caso de la turbiedad y de 6,5 a 9 para el caso del pH (Ministerio de protección social, 2007).

Para el caso de las áreas rurales, además de cumplir con los parámetros establecidos en la resolución 2115 de 2007, existe otra norma que condiciona este tipo de iniciativas de tratamiento de agua en zonas rurales de Colombia, donde determina cuales son los lineamientos que debe de cumplir la implementación de técnicas alternativas. Dicha norma es la resolución 0844 del año 2018 (Ministerio de vivienda , 2019), por la cual establece que dentro de los aspectos más relevantes que se encuentran ligados con el desarrollo de esta actividad, están la validación de estudios previos sobre el desempeño que poseen estos productos en el momento de su uso, aspectos técnicos del mismo y finalmente demostrar ante las autoridades competentes la eficiencia e inocuidad del mismo en el momento de realizar los trabajos de tratamiento de agua para uso potable (Trujillo *et al.*, 2014).

Al realizar un balance acerca de los ensayos expuestos anteriormente, son varios los aspectos que se deben tener en cuenta para observar la eficiencia de estos: en primer lugar, se puede establecer que las semillas de la *Moringa oleifera* si muestran una remoción importante de la materia orgánica, ya que se presentó una disminución de la turbiedad inicial de cada una de las muestras analizadas. El porcentaje de remoción de la semilla aumenta cuando la turbidez inicial de la muestra es alta (Caldera *et al.*, 2017), se puede evidenciar que valores de turbiedad inicial eran de 364 a 126,6 respectivamente y tuvieron una remoción entre el 97 y 98%, mientras que en algunos casos se tuvo una turbiedad inicial menor (56,5 NTU) al igual que el porcentaje de remoción obtenido, el cual fue del 64%. En segundo lugar tenemos que la utilización del

cloruro de sodio en el momento de preparar la solución coagulante también es un aspecto relevante, ya que, como se citaba anteriormente en la descripción del proceso de coagulación, estos electrolitos ayudan en el proceso de aglutinamiento de la materia orgánica haciendo que las proteínas responsables de la coagulación de la materia orgánica presentes en las semillas de la *Moringa oleifera*, tengan un mejor desempeño y, por ende, una mayor remoción (Ueda *et al.*, 2020) . Esto coincide con las recomendaciones realizadas por varios estudios sobre el uso de las semillas de la *Moringa oleifera* como coagulante. Para el caso de la dosificación óptima de la solución coagulante, no es posible definirla debido a la variabilidad de propiedades que pudieran poseer las aguas iniciales de los diferentes ensayos. Por eso es necesario hacer investigaciones preliminares sobre las características del agua a tratar al momento de considerar el uso de las semillas de *Moringa oleifera*. También tenemos que La obtención del extracto que se encuentra en la semilla de la *Moringa oleifera* responsable del proceso de la coagulación demostró que puede obtenerse con instrumentos poco complejos y procedimientos sencillos, esto algo positivo, considerando que, en algunas zonas rurales de Colombia no se cuenta con el acceso a equipos tecnológicos. Finalmente, en el caso del cumplimiento de la normatividad colombiana, específicamente con respecto a la Resolución 2115 del 2007 que tiene como objetivo determinar los parámetros de consumo de agua potable, se tiene que no todas las investigaciones cumplieron las especificaciones establecida para turbidez y pH. Esto es importante, ya que esto es evidencia de que se debe determinar más claramente que características del proceso, del material coagulante y del agua a tratar debe tenerse en cuenta para lograr estos resultados, pero evidenciamos con esta investigación que si es posible alcanzar los parámetros deseados.

8. Aspectos positivos y negativos en el uso de las semillas de la *Moringa oleifera* como coagulante en procesos de potabilización

A continuación, se resaltan una serie de ventajas expuestas frente al uso de la Morinaga en los procesos de potabilización:

Este método alternativo puede tener un ahorro económico frente a los métodos convencionales, ya que la materia prima (en este caso la planta de *Moringa oleifera*) puede obtenerse con facilidad, debido a lo versátil que puede llegar a ser el poder plantarla al igual que sostenerla a través del tiempo.

Otro ítem importante se encuentra en lo práctico que puede llegar hacer la obtención de la solución coagulante, ya que los elementos para la elaboración de este producto son de uso común, que requieren de poca tecnología y bajo costo, lo que acarrea una gran viabilidad de uso para algunas zonas rurales que no cuentan con este tipo de recursos

Para el proceso de aplicación de la solución coagulante, no se requiere de condiciones especiales para que esta pueda ser funcional, llegando incluso a cumplir con aspectos normativos como se pudo evidenciar gracias a los resultados de los ensayos, que esta alternativa puede llegar a cumplir los parámetros de turbiedad y pH establecidos en la resolución 2115 del 2007.

Finalmente, gracias la constitución orgánica de la planta, esta es biodegradable y no representa compuestos tóxicos para el medio ambiente, al igual que los lodos producidos en el proceso de coagulación, los cuales son inocuos y se producen entre 4 y 5 veces menos que los producidos por productos químicos convencionales (Aguirre *et al.*, 2017).

En varios estudios realizados a nivel mundial, han mencionado a través de sus investigaciones la capacidad bactericida que posee el uso de las semillas de la *Moringa oleifera* en el momento de realizar el proceso de coagulación, disminuyendo de manera significativa la carga microbiana de bacterias gram positiva y gram negativa, responsables de muchas enfermedades en el ser humano (Sapana *et al.*, 2012). Además de la coagulación / floculación,

tanto las semillas como las cáscaras han mostrado potencial de adsorción de metales pesados, tintes y contaminantes emergentes. Sin embargo, las semillas tienen una gran efectividad para el tratamiento de aguas de alta turbidez, siendo no tan efectivo para aguas de baja turbidez (Ueda *et al.*, 2020).

En las semillas de la *Moringa oleifera*, existen una gran cantidad de proteínas y compuestos orgánicos que son los responsables de la coagulación de la materia orgánica. Pero, existen algunas otras que no alcanzan a ser activas ni en la solución coagulante ni en el proceso de coagulación, lo cual las hace estar inactivas y presente en el agua ya tratada (Coronel, 2018). Este comportamiento, implica que los niveles de carbono orgánico disuelto (COD) tengan niveles altos incluso después de que el agua haya sido tratada, lo que la vuelve muy vulnerable a que se pueda dar un crecimiento de nuevos microorganismos y bacterias que pueden reproducirse en estos lugares y por ende, pueden ser grandes causantes de compuestos que originan enfermedades relacionadas con la mala calidad del agua potable (Canett *et al.*, 2017). Esto también implica que el agua tratada solo con el coagulante a base de semillas de *Moringa oleifera*, no pueda ser almacenada por medianos plazos de tiempo, ya que se puede ver expuesta a estas contaminaciones citadas. Este punto, lleva a evaluar otra situación sensible en el uso de esta planta, tiene que ver con la ausencia de estudios y ensayos acerca de la calidad del agua almacenada después de haber sido tratada con las semillas de *Moringa oleifera*, y las consecuencias de la presencia de ciertos compuestos residuales del proceso de potabilización. Se habla de este problema con el agua almacenada, mas no de posibles soluciones. (Ueda *et al.*, 2020). Finalmente, para poder que este sistema de tratamiento sea sostenible, es necesario contar con las plantaciones de *Moringa oleifera* para poder obtener las semillas, en caso de adquirirlas de forma externa, los costos operativos harían de este un proceso inviable ya que sería los insumos convencionales seguirán siendo más económicos (Arango *et al.*, 2016). La etapa de depuración aumenta los costos de procesamiento, haciendo prácticamente inviable su uso en el tratamiento de aguas. Esta etapa sería difícil de implementar en plantas de tratamiento

de agua y actualmente está restringida solo para fines de investigación académica. La viabilidad económica, es un amplio campo de investigación en el cual aún falta mucho por investigar y poder determinar una forma económica y sostenible de extraer y depurar agentes coagulantes activos, con miras a la comercialización a nivel industrial (Ghebremichael *et al.*, 2005; Kansal and Kumari, 2014; Muyibi and Evison, 1996; Okuda *et al.*, 1999).

9. Conclusiones

El uso de la *Moringa oleifera* como coagulante alternativo en la potabilización de agua, exige implementación de un sistema que utilice *Moringa oleifera* sería viable económicamente si se logra obtener el suministro principal que hace posible la coagulación de la materia orgánica. Además, es necesario evaluar las posibilidades de cultivo y adecuación cerca a los lugares de tratamiento, con el fin de que el suministro del coagulante sea garantizado de forma continua. Teniendo en cuenta las características fisiológicas para crecimiento de la planta, las cuales implican bajas altitudes y zonas de bajas precipitaciones para su óptimo desarrollo, las localizaciones donde mejor pueden darse este crecimiento en Colombia son la región caribe y Orinoquia, ya que en ambas partes gozan de estas condiciones idóneas para el desarrollo de esta planta.

Por otro lado, a pesar de los buenos resultados que se pudieron obtener en los procesos de remoción de material orgánico, llegando incluso a poseer porcentajes de remoción del 98%, el agua tratada puede presentar problemas para su almacenamiento, debido al alto contenido carbono orgánico que queda después del proceso de tratamiento, lo que implica que el agua sea más vulnerable a contaminaciones microbiológicas, que puede causar dificultades para el cumplimiento de las normativas locales, no garantizar las condiciones mínimas de calidad del agua para su consumo. A esto se suman las pocas investigaciones que existen acerca de las consecuencias y efectos de compuestos inactivos de las semillas de la *Moringa oleifera* presentes en el agua tratada, y en consecuencia, no se han establecido propuestas de mejora

con respecto a esta problemática. En vista de todo esto, es evidente que a pesar de las muchas bondades de este proceso potabilización para las zonas rurales, existen aún muchas oportunidades, y a pesar de que varios estudios recomiendan el uso de algunos tratamientos complementarios que permiten mejorar el proceso de potabilización, estos en la mayoría de los casos no son viables en las zonas rurales debido a los problemas logísticos, económicos y técnicos que representan.

En esta revisión también se pudo evidenciar que las investigaciones realizadas difieren bastante en las condiciones bajo las cuales fueron realizadas, lo que hace que exista una gran variabilidad y dificulte así la estandarización de un proceso de potabilización de agua, esto sin contar que por tratarse de un ingrediente natural, las semillas puede variar su composición y por tanto su desempeño como floculante, por lo cual se debe investigar a mayor profundidad para poder lograr identificar unas características mínimas de calidad de la semilla como insumo que garanticen un óptimo desempeño y así dar paso a un proceso estandarizado y controlado.

No se pueden desconocer los grandes beneficios ambientales que posee este procedimiento y la gran contribución que puede generar para otras actividades, como por ejemplo, el tratamiento de agua residuales industriales con el uso de extracto de las semillas donde se pudo demostrar la gran eficiencia que posee el extracto de esta planta en la remoción de material suspendido y residuos orgánicos (Cabrera et al ., 2017), el tratamiento de metales pesados utilizando la cáscara y los extractos de la semilla, los cuales sirven como bioadsorbente que logra disminuir entre un 85 y 75% de la presencia de estos compuestos, evitando así contaminaciones en otras fuentes hídricas (García *et al.*, 2014), la capacidad de aclarar hasta en un 96% las aguas residuales producto de la industria textil donde se usan grandes cantidades de colorantes, generado un menor impacto ambiental y visual por estos vertimientos (Arango et al ., 2016), entre otros estudios que se han realizado para tratar diferentes tipo de agua residuales formadas por diferentes industrias, las cuales han visto como el uso de la *Moringa oleifera* se

puede convertir en una opción para el tratamiento de dichos contaminantes para la mejora de la calidad de este tipo de agua.

Referencias

- Aguirre, S. E., Piraneque, N. V., & Cruz, R. K. (2018). Sustancias naturales: alternativa para el tratamiento de agua del río Magdalena en Palermo, Colombia. *Información tecnológica*, 29(3), 59-70. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000300059>
- American Water Works Association. (2012). *Water treatment plant design*. McGraw-Hill Education.
- Arango Mesa, S., Ortega Gonzáles, W., Álvarez Vanegas, A., & Medina Arroyave, J. (2016). *Evaluación del extracto de semillas de Moringa oleifera como agente coagulante en el tratamiento de aguas residuales de una industria textil*. [Trabajo de grado, Universidad EAFIT] Bachelor's thesis. <http://hdl.handle.net/10784/12230>
- Bello, J., Martínez, J., & Torres, J. (2020). Análisis de viabilidad y diseño para el abastecimiento de agua potable en la vereda Socotá del municipio de Apulo (Cundinamarca, Colombia). *Mutis*, 10(1), 79-96. DOI: 10.21789/22561498.1604
- Betatache, H., Aouabed, A., Drouiche, N., & Lounici, H. (2014). Conditioning of sewage sludge by prickly pear cactus (*Opuntia ficus Indica*) juice. *Ecological Engineering*, 70, 465-469. DOI:[10.1016/j.ecoleng.2014.06.031](https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.06.031)
- Bolívar Palomo, S. A., & Quintero Castiblanco, C. E. (2019). Análisis del estado de las vías Secundarias en Colombia oportunidad de la Ingeniería Civil para su construcción y mantenimiento [Trabajo de grado, Universidad Católica de Colombia]Obtenido de <https://hdl.handle.net/10983/23927>

- Borrás, X. (2010). Sustancias para el tratamiento de aguas para el consumo humano *Interempresas.net*. <https://www.interempresas.net/Agua/Articulos/45745-Sustancias-para-el-tratamiento-de-aguas-para-el-consumo-humano.html>
- Boulaadjoul, S., Zemmouri, H., Bendjama, Z., Drouiche, N., 2018. A novel use of Moringa oleifera seed powder in enhancing the primary treatment of paper mill effluent. *Chemosphere*, 206, 142-149 <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.04.123>
- Bravo, M. (2017). *Coagulantes y Floculantes Naturales usados en la reducción de Turbidez, sólidos suspendidos, colorantes y metales pesados en Aguas Residuales*. [Proyecto de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas] <http://hdl.handle.net/11349/5609>
- Cabrera, N., Hernández J., Ayala. J., & Almaza, K. (2017). Coagulantes naturales extraídos de Ipomoea incarnata en el tratamiento de aguas residuales industriales en Cartagena de Indias. *Scientia et technica* , 22(1), 109-113. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6018633>
- Caldera, Y., Briceño, L., Garcia, J., & Fuentes, L. (2017). Eficiencia de las semillas de Moringa oleifera como coagulante alternativo en la potabilización del agua. *Boletín del centro de investigaciones biológicas*, 41(2), 244-254. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/boletin/article/view/76>
- Canett, R., Arvayo, K., & Ruvalcaba, N. (2017). Aspectos tóxicos más relevantes de Moringa oleófera y sus posibles daños. *Biotecnia*, 16(2), 36-43. <https://doi.org/10.18633/bt.v16i2.45>
- Coronel, D. (2018). *Análisis de la efectividad de la semilla de Moringa oleifera Lam. 1783 como coagulante para tratamiento de agua potable. Colombia*. [Trabajo de grado, Universidad abierta y a distancia UNAD]. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/18246>
- Carrasco Mantilla, W. (2016). Estado del arte del agua y saneamiento rural en Colombia. *Revista de Ingeniería*, 44, 46-54. <https://doi.org/10.16924/revinge.44.7>

- Cupa, C., Rivera, C., & Fabian, V. (2021). *Diseño, construcción, y evaluación de un filtro de agua potable para su aplicación en la comunidad rural de la vereda de vallado parte alta en el municipio de Monguí* [Trabajo de grado, Universidad Piloto de Colombia] doi:<http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/10313>
- Feria, J., Bermúdez, S. & Estrada, A. (2014). Eficiencia de la semilla Moringa oleifera como coagulante natural para la remoción de la turbidez del río Sinú. *Producción + limpia*, 9(1), 9-22. <http://hdl.handle.net/10567/1262>
- Fontalvo, J., & Tamaris-Turizo, C. E. (2018). Calidad del agua de la parte baja del río Córdoba (Magdalena, Colombia), usando el ICA-NSF. *Intropica*, 101-111. <https://doi.org/10.21676/23897864.2510>
- Forero, G. (2021). *Agua potable*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12010/5813>.
- García, B., José, A., Piris, J., & Lucas, B. (2014). Diseño de sistemas de adsorción en continuo para eliminar metales pesados del agua. Aplicación países en desarrollo [Ponencia]18th International Congress on Project Management and Engineering, Alcañiz, España. http://dspace.aepro.com/xmlui/bitstream/handle/123456789/168/CIDIP2014_1787_1798.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Gallo, J., Pérez, E. H., Figueroa, R., & Casas, A. F. (2021). Water quality of streams associated with artisanal gold mining; Suárez, Department of Cauca, Colombia. *Heliyon*, 7(6), e07047. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07047>
- Gassenschmidt, U., Jany, K. D., Bernhard, T., & Niebergall, H. (1995). Isolation and characterization of a flocculating protein from *Moringa oleifera* Lam. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 1243(3), 477-481. [https://doi.org/10.1016/0304-4165\(94\)00176-X](https://doi.org/10.1016/0304-4165(94)00176-X)

Ghebremichael, K. (2007). Overcoming the drawbacks of natural coagulants for drinking water treatment. *Water Science and Technology: Water Supply*, 7(4), 87-93.. 7, 87–93.

<https://doi.org/10.2166/ws.2007.144>

Gonzalez Stuar, A. (2016). *Moringa*. Herbal safety Universidad del Paso Texas .

<https://www.utep.edu/herbal-safety/hechos-herbarios/hojas-de-datos-a-base-de-hierbas/moringa.html>

Kansal, S.K., Kumari, A., (2014). Potential of M. Oleifera for the treatment of water and wastewater. *Chemical reviews*, 114(9), 4993-5010. <https://doi.org/10.1021/cr400093w>

Lugo, J., Burgos, J., Lugo, E., Audrey, G., & Ovallos, D. (2020). Evaluation of low-cost alternatives for drinking water in the stilt houses of Ciénaga Grande de Santa Marta.

Heliyon, 6(1), 30. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e03062>

Mendoza, I., Fernández, N., Ettiene, G., & Diaz, A. (2020). Uso de la Moringa Oleifera como coagulante en la potabilizacion de las aguas. *Ciencia*, 8(2), 235-242.

<http://www.elaquapotable.com/Usode%20la%20Moringa%20oleifera%20como%20coagulante.pdf>

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 oleífera en el proceso de clarificación del agua de la ciénaga de Malambo-Atlántico. *Revista UIS Ingenierías*, 17(2), 95-104.

<http://revistas.uis.edu.co/index.php/revistauisingenierias/article/view/8084>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). Reglamento Técnico de agua potable y saneamiento básico-RAS. Bogotá: Ministerio de Desarrollo Economico.

Obtenido de <https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-agua-y-saneamiento-basico/reglamento-tecnico-sector/reglamento-tecnico-del-sector-de-agua-potable-y-saneamiento-basico-ras>

Ministerio de protección social . (22 de Junio de 2007). Ministerio de protección social.

https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislacion%20del%20agua/Resoluci%C3%B3n_2115.pdf

Ministerio de vivienda . (9 de Abril de 2019). Resolución 0844 de 2018. Obtenido de

<https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/aguav4.pdf>

Moreno, J. O. (2020). Los retos del acceso a agua potable y saneamiento básico de las zonas rurales en Colombia. *Revista de Ingeniería*, 49, 28-37.

<https://doi.org/10.16924/revinge.49.5>

Muyibi, S. A., & Evison, L. M. (1996). Coagulation of turbid water and softening of hardwater with Moringa oleifera seeds. *International journal of Environmental studies*, 49(3), 247-

259. <https://doi.org/10.1080/00207239608711028>

Núñez, E. (2007). *Validación de la efectividad de la semilla de Moringa oleifera como coagulante natural del agua, destinada al consumo humano, Morocelí, Honduras.*

[Trabajod de grado, Zamorano].<http://hdl.handle.net/11036/522>

Organización Mundial de la Salud [OMS].(2019, 14 de Junio). *Agua.*

<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

Okuda, T., Baes, A. 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)

Organización de las naciones Unidas [ONU] (2019). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. París, Francia: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.*

<https://es.unesco.org/themes/water-security/wwap/wwdr/2020>

Raghuwanshi, P. K., Mandloi, M., Sharma, A. J., Malviya, H. S., & Chaudhari, S. (2002).

Improving filtrate quality using agrobased materials as coagulant aid. *Water Quality Research Journal*, 37(4), 745-756. <https://doi.org/10.2166/wqrj.2002.050>

- Rangel, M. (1999). Moringa oleifera: una planta de uso múltiplo. *Embrapa Tabuleiros Costeiros. Circular Técnica*. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=BR19991371079>
- Salamanca, E. (2016). Tratamiento de aguas para el consumo humano. *Módulo arquitectura CUC*. 17(1), 29-48. <https://doi.org/10.17981/moducuc.17.1.2016.02>
- Sapana, M., Sonal, C., & PD, R. (Febrero de 2012). Use of Moringa Oleifera (Drumstick) seed as Natural Absorbent and an. *Research Journal of Recent Sciences*, 1, 31-40. https://www.researchgate.net/profile/Sonal-Chonde/publication/256194184_Use_of_Moringa_Oleifera_Drumstick_seed_as_Natural_Absorbent_and_an_Antimicrobial_agent_for_Ground_water_Treatment/links/57aafe5908ae0932c970c844/Use-of-Moringa-Oleifera-Drumstick-seed-as-Natural-Absorbent-and-an-Antimicrobial-agent-for-Ground-water-Treatment.pdf
- Taiwo, A. S., Adenike, K., & Aderonke, O. (2020). Efficacy of a natural coagulant protein from Moringa oleifera (Lam) seeds in treatment of Opa reservoir water, Ile-Ife, Nigeria. *Heliyon*, 6(1), e03335. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03335>
- Trigo, C., Castelló, M., & Ortola, M. (2020). Moringa Oleifera: an unknown crop in developed countries with great industrial potential and adapted to climate change. *Foods*, 10(1), 31. doi:<https://doi.org/10.3390/foods10010031>
- Trujillo, D., Duque, L. F., Arcila, J. S., & Herrera, O. F. (2014). Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación/floculación usando almidón de plátano. *Ion*, 27(1), 17-34. <http://www.scielo.org.co/pdf/rion/v27n1/v27n1a03.pdf>
- Ueda, N., Cusioli, L., Quesada, E., Camargo, M., Fagundes, M., Salcedo, A., Bergamasco, R. (2020). A review of Moringa oleifera seeds in water treatment: trends and future challenges. *Process Safety and Environmental Protection*, 147, 405-420. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.09.044>

- Varkey, A. J. (2020). Purification of river water using Moringa Oleifera seed and copper for point-of-use household application. *Scientific African*, 8, e00364.
<https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00364>
- Velázquez, M., Peón, I., Zepeda, R., & María, J. (2015). Moringa(Moringa oleifera Lam):potential uses in agriculture industry and medicina. *Chapingo.Serie horticultura*, 22(2). doi:<https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2015.07.018>
- Vunain, E., Masoamphambe, E. F., Mpeketula, P. M. G., Monjerezi, M., & Etale, A. (2019). Evaluation of coagulating efficiency and water borne pathogens reduction capacity of Moringa oleifera seed powder for treatment of domestic wastewater from Zomba, Malawi. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 7(3), 103118.
<https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.103118>
- Yimer, A. B. (2021). Papaya seed extract as a coagulant for drinking water treatment in the case of the Tulte river for the Yekuset district community, Ethiopia. *Environmental challenges*, 4, 100198. doi:<https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100198>
- Yin, C. Y. (2010). Emerging usage of plant-based coagulants for water and wastewater treatment. *Process Biochemistry*, 45(9), 1437-1444.
<https://doi.org/10.1016/j.procbio.2010.05.030>