

Use of *Moringa oleifera* as a natural coagulant for turbidity removal in surface waters in the last 10 years: a review of the scientific literatura

Jesús Alberto Vegas Tamayo¹, Maarja Ariana Muñoz Leyva², and Magda Velásquez Marin Mtr.³
^{1,2,3}Universidad Privada del Norte (UPN), Lima, Perú, jesusvt.2014@gmail.com, munozleyvaa4@gmail.com,
Magda.velasquez@upn.edu.pe

Abstract– Synthetic coagulants can generate harmful effects on the health of the population, in addition to presenting high costs and producing a large amount of sludge. Therefore, the present systematic review aims to identify the percentage of turbidity elimination in surface waters of Moringa oleifera as a coagulant, according to research journals published in scientific databases, in the last ten years. For this, several databases were consulted, which were Alicia, Dialnet, Google Scholar, ProQuest, Readlyn, Renati, ResearchGate, ScienceDirect and Scielo. Where, 50 scientific investigations were selected, which were filtered by inclusion criteria until finally obtaining 22 investigations between articles and theses, from which the pertinent information to the study was extracted. It was achieved as a result, that the coagulant obtained from the seed of Moringa oleifera presents a high percentage ranging between 70% and 99% of turbidity elimination in surface waters. Despite the difficulty that arose when translating foreign articles, it was concluded that Moringa oleifera as a natural coagulant has high levels of turbidity elimination percentages in surface waters, especially if the seeds are adequately prepared to obtain the coagulant.

Keywords: aluminum sulfate, turbidity, natural coagulant, Moringa oleifera.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

Uso de la *Moringa oleífera* como coagulante natural para la remoción de turbidez en aguas superficiales en los últimos 10 años: una revisión de la literatura científica

Jesús Alberto Vegas Tamayo¹, Maarja Ariana Muñoz Leyva², and Magda Velásquez Marin Mtr.³
^{1,2,3}Universidad Privada del Norte (UPN), Lima, Perú, jesustv.2014@gmail.com, munozleyvaa4@gmail.com, Magda.velasquez@upn.edu.pe

Resumen– Los coagulantes sintéticos pueden generar efectos nocivos sobre la salud de la población, además de presentar altos costos y producir una gran cantidad de lodos. Por lo tanto, la presente revisión sistemática tiene como objetivo identificar el porcentaje de eliminación de turbidez en aguas superficiales de *Moringa oleífera* como coagulante, según revistas de investigación publicadas en bases de datos científicas, en los últimos diez años. Para ello, se consultaron varias bases de datos, que fueron Alicia, Dialnet, Google académico, ProQuest, Redalyc, Renati, ResearchGate, ScienceDirect y Scielo. Donde, se seleccionaron 50 investigaciones científicas, las cuales fueron filtradas por criterios de inclusión hasta finalmente obtener 22 investigaciones entre artículos y tesis, de las cuales se extrajo la información pertinente al estudio. Se logró como resultado, que el coagulante obtenido de la semilla de *Moringa oleífera* presenta un alto porcentaje que oscila entre el 87% y el 99% de eliminación de turbidez en aguas superficiales. A pesar de la dificultad que surgió al traducir artículos extranjeros, se concluyó que *Moringa oleífera* como coagulante natural tiene altos niveles de porcentajes de eliminación de turbidez en aguas superficiales, especialmente si las semillas están adecuadamente preparadas para obtener el coagulante.

Palabras clave: sulfato de aluminio, turbidez, coagulante natural, *Moringa oleífera*.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, los problemas con la calidad del agua van desde los países desarrollados hasta los que están en vías de desarrollo, esto debido a un aumento de contaminantes y especies invasoras que se arrojan a los distintos cuerpos de agua [1], [2], donde los más afectados terminan siendo las personas que recurren a estas fuentes de agua [3].

Según un informe realizado por la Organización Mundial de la Salud, son 663 millones de personas en todo el mundo que todavía no tienen una fuente segura de agua potable, teniendo que recurrir a las aguas superficiales, pozos excavados y manantiales no protegidos, exponiendo su bienestar y salud [4].

En Perú, una de las principales causas de la falta de calidad del agua se debe a la sobrecarga de aguas residuales que son captadas en las plantas de tratamiento, lo que genera que los efluentes excedan los límites máximos permisibles

establecidos para el agua potable, generando alguna enfermedad diarreica en la población. En un informe del MINSA, se llegó a la conclusión que para evitar que estas enfermedades se sigan propagando se debería seguir invirtiendo en saneamiento básico [5].

El agua potable que es consumida diariamente procede principalmente de fuentes superficiales y subterráneas, estas contienen sólidos suspendidos y disueltos que en las plantas de tratamiento pasan por procesos físicos y químicos para eliminarlos, ya que su presencia confiere características como turbidez, color, etc., que pueden generar afectaciones a la salud [6]. Para saber si el tratamiento fue eficiente es necesario medir la turbidez del agua ya que esta refleja la cantidad de sustancias coloidales que están presentes en el agua [7], [8], [9].

Esta remoción de partículas en suspensión se le conoce como clarificación, en donde se utiliza agentes coagulantes que eliminan hasta el 90% del material en suspensión. Los coagulantes más conocidos son: Sulfato de aluminio, cloruro férrico y sulfato ferroso que son sales metálicas [10],[11],[12]. Sin embargo, su uso presenta varias desventajas como sus altos costos de adquisición, efectos nocivos a la salud, entre otros [13],[14],[15].

Por lo tanto, una de las alternativas que se comenzaron a estudiar en algunos países fue el uso de coagulantes de origen natural [16]. Estos coagulantes cumplen la misma función que uno sintético ya que ambos facilitan la sedimentación del material disuelto y suspendido en el agua [17]. Su uso data desde hace más de 4000 años según sanscritos de la India, en donde usaban semillas de nirmali como agente coagulante para remover la turbidez de sus aguas [18].

Las especies vegetales que más se han utilizado alrededor del mundo como coagulantes naturales para la clarificación de las aguas son la *Moringa oleífera* (moringa), *Strychnos potatorum* (nirmali), *Opuntia ficus indica* (cactus) y tanino [13]. Sin embargo, el coagulante natural más popular es el que se obtiene de las semillas de la *Moringa oleífera*, ya que en las zonas rurales de países como India y África es muy común usarlo [6]. Esto es, gracias a una proteína catiónica que compone a la *Moringa oleífera*, que le permite disolverse en el agua y así remover el material suspendido o disuelto que se encuentra en el agua turbia [14].

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

El árbol de la *Moringa oleifera* que pertenece a la familia *Moringaceae* tiene un gran potencial para ser cultivado en muchas partes de América como en Perú [19], por su capacidad de crecer en territorios con escasez de agua con climas tropicales, subtropicales y semiáridas, con una temperatura de 25° a 35°C llegando a tolerar temperaturas de hasta los 48°C [20]. Por otro lado, las distintas partes del árbol que se observan en la Figura 1 tienen distintos usos como la alimentación de personas y animales, obtención del coagulante, entre otras que se han usado desde tiempos ancestrales y recién a finales del siglo XX se comenzó a investigar al árbol de la moringa para sustentar científicamente los distintos beneficios que ofrecen, sin embargo, aún no se han llegado a explicar todos sus usos [19].



Fig. 1 Etapas de la selección de documentos de datos

Fuente:

https://ciencia.unam.mx/leer/261/Beneficios_nutritivos_y_medicinales_de_la_moringa

Bajo este contexto, el objetivo del presente estudio es identificar el porcentaje de remoción de turbidez en aguas superficiales de la *Moringa oleifera* como coagulante, de acuerdo con las revistas de investigación publicadas en base de datos científicos, en los últimos diez años.

II. METODOLOGÍA

La metodología empleada fue una revisión de la literatura científica, el cual se define como un tipo de investigación sistemática, controlada, empírica y crítica en relación con una pregunta planteada, que puede cumplir dos propósitos fundamentales: a) producir conocimiento y teorías (investigación básica) y b) resolver problemas prácticos (investigación aplicada) [21]. Este tipo de metodología tiene un proceso compuesto por una serie de etapas, por lo cual se tomaron en cuenta los siguientes protocolos y elementos:

A. Determinación de Criterios de Selección

Para esta revisión sistemática se ha considerado artículos científicos o tesis que cumplieran los siguientes criterios: debían presentar una antigüedad no mayor de 10 años, idioma español o inglés, que estén en una base de datos confiable y

que sean de libre acceso; además, los documentos debían tener un diseño experimental y estar relacionados a la posible respuesta a la pregunta de investigación; en cuanto a la exclusión, los trabajos que no cumplieran con los criterios descritos no fueron considerados.

B. Búsqueda Especializada y Selección de Documentos

Para la obtención de las publicaciones científicas o tesis, se realizó la consulta de bases bibliográficas o repositorios electrónicos formales, las cuales fueron, Alicia, Dialnet, Google Académico, Proquest, Redalyc, Renati, ResearchGate, ScienceDirect y Scielo.

La estrategia empleada consta de tres etapas; en la primera se realizó una búsqueda avanzada, en donde se utilizó una cadena de búsqueda con las palabras claves, las cuales surgieron de la pregunta de investigación como: (*Moringa Oleífera*) AND (coagulante natural NOT antioxidante) AND (tratamiento de aguas OR clarificación de aguas); asimismo para la búsqueda en inglés se usó la siguiente cadena: (*Moringa Oleífera seeds*) AND (surface water). Luego se estableció el periodo de estudio: 2012 -2022 y se colocó la opción artículos científicos. Las otras dos etapas se resumen en la Figura 2.

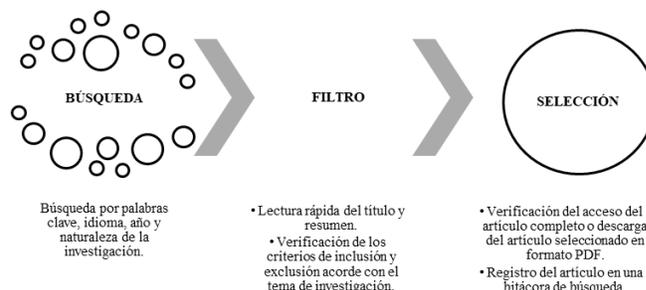


Fig. 2 Etapas de la selección de documentos de datos

C. Clasificación y Descarte de Duplicados

Los documentos previamente seleccionados fueron organizados en una matriz realizada en el programa Microsoft Excel, en el cual se tenían los siguientes ítems: Nombre del documento, autor, año de publicación, base de datos, revista, palabras clave, idioma y el enlace o DOI. Se realizó un descarte de duplicados utilizando la herramienta “Quitar duplicados”, que se encontraba en el programa Microsoft Excel.

D. Criterios de Inclusión y Descarte

Los criterios de inclusión tomados en cuenta fueron los siguientes: que proporcionaran aportes a la investigación, una redacción coherente, que sea pertinente con el tema a estudiar. En cambio, los criterios de exclusión fueron: la investigación no estaba relacionada con nuestro tema de estudio, no estudiaron el parámetro de turbidez y que tenga otro tipo de muestra de agua.

E. Selección y Análisis de Datos

Luego de ejecutar los criterios de inclusión y exclusión, los documentos que se pasaron los filtros se colocaron en una matriz previamente diseñada y se extrajeron los siguientes datos: autor, título, palabras de búsqueda, base de datos, objetivo de la investigación, metodología utilizada, instrumentos de recolección de datos utilizados, procesamiento estadístico utilizado, resultados y conclusiones de la investigación. Además, se realizó un análisis crítico de los artículos científicos o tesis, para lo cual se respondía a las siguientes preguntas: ¿hay aportes en la investigación? y ¿hay errores en la investigación?

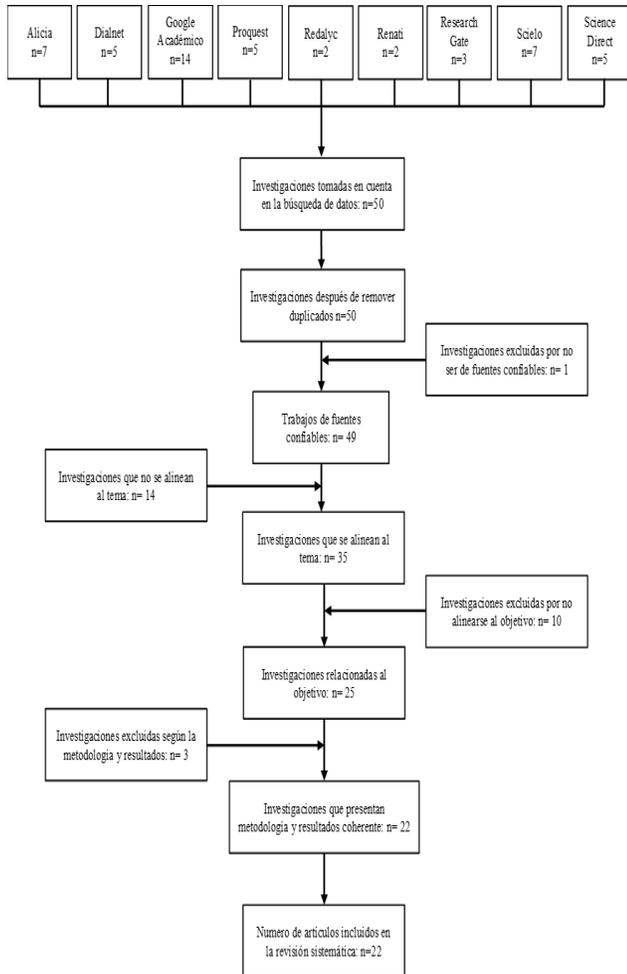


Fig. 3 Diagrama de flujo del proceso de selección de investigaciones

En el diagrama se puede observar que se encontró un total de 50 documentos, entre ellos se consideraron un total de 22 trabajos de investigación entre tesis y artículos de investigación, ya que, de acuerdo con los criterios de exclusión, se descartaron 28 investigaciones.

III. RESULTADOS

A. Selección de estudios

De las 22 investigaciones incluidas, resultó que el 64% equivalen a 14 artículos, en el cual la base de datos Google Académico presentó la mayor cantidad y el 36% restante equivalen a 8 tesis, en el cual la base de datos Alicia presentó la mayor cantidad.

Con respecto al análisis de los países en los que se realizaron los estudios, el país con más investigaciones realizadas fue Perú, con 1 artículo y 7 tesis, representando un 36%, seguido de Colombia, con 4 artículos y 1 tesis contando con un 22%, luego se encuentra Brasil, con 3 artículos que representa un 13%, después México que cuenta con 2 artículos representando un 9%, mientras que en el resto de los países como Guatemala, Malasia, Vietnam y Zimbabue únicamente se ha encontrado 1 artículo, representando 5% de cada país de los trabajos de investigación.

Para la clasificación temporal, se obtuvo como resultado que el año en el cual se han publicado mayor cantidad de artículos, son los años 2017 y 2019 con 5 artículos en cada año representando el 22%; seguido del 2020 donde se publicaron 3 investigaciones, con un 13% representativo; los años 2015 y 2016 se representan con un 9%, con 2 trabajos en cada año, finalmente los años con menor publicaciones fueron 2012, 2013, 2014, 2018 y 2021, cada año con 1 sola publicación, representando el 5%.

Con respecto al idioma de las investigaciones científicas seleccionadas, se encontraron que del 64% de los artículos, 9 se encuentran en español y 5 se encuentran en inglés, del mismo modo, el 36% que representa a las 8 tesis, se encuentran en español.

B. Análisis global de los estudios

En la tabla 1, se visualiza la comparación de los resultados obtenidos en los 22 artículos científicos usados para la revisión sistemática, para lo cual se extrajo información de su método y resultados, que se organizó en los siguientes ítems: autores, coagulantes usados, el tipo de muestra de agua, preparación de la semilla de *Moringa oleífera*, preparación del coagulante, condiciones de la prueba de jarra, dosis óptima, % de remoción de turbidez, pH inicial y final.

Según la revisión bibliográfica realizada, la *Moringa oleífera* como coagulante natural resultó presentar un alto porcentaje de remoción de turbidez que fueron desde el 70% hasta el 99% para el tratamiento de aguas superficiales provenientes de ríos, lagunas, canales de regadío, entre otros. El porcentaje de remoción obtenido depende de la turbidez inicial de la muestra de agua ya que como se mencionó en [32] cuando la turbidez es baja en la muestra de agua, la moringa no resulta muy eficiente en su remoción de partículas.

Además de su gran poder de remoción, resulta que no genera un cambio significativo en el pH del agua, por ello en la tabla 1 en el ítem de pH inicial y final no se aprecia un gran cambio ya que todos están dentro de un rango de 6 a 8, lo cual es una gran ventaja que aporta la *Moringa oleífera* como

coagulante natural [32]; ya que según [43], el rango de pH para el agua potable varía entre 6.5 a 8.5.

Por otro lado, para lograr que la remoción se realice de forma efectiva, la bibliografía nos recomienda que se le extraiga el aceite y grasas que contiene la semilla de la *Moringa oleífera* debido a que no tienen ningún poder coagulante y puede impedir el contacto con la superficie a tratar [28]; otro factor que influye en la remoción de las partículas, es el modo de emplear el coagulante y en la bibliografía revisada se notó un incremento del porcentaje de remoción cuando el polvo de la semilla de moringa era disuelto con soluciones salinas como el cloruro de sodio ya que este incrementa la solubilidad de las proteínas por la adición de sales conocido como efecto salado [34].

También, otro factor muy importante que nos mencionan los estudios es el tiempo de sedimentación ya que al incrementar el tiempo de sedimentación se ve un aumento en la remoción de turbidez [29].

IV. DISCUSION Y CONCLUSIONES

En respuesta al objetivo del estudio, las investigaciones incluidas evidenciaron que la *Moringa oleífera* como coagulante natural presenta un alto porcentaje de remoción de turbidez que va desde el 70% hasta el 99% para el tratamiento de aguas superficiales provenientes de ríos, lagunas, canales de regadío, entre otros. Se obtuvo un resultado similar en una revisión bibliográfica realizada [44], donde se demostró que la *Moringa oleífera* es uno de los coagulantes más estudiados de sus artículos revisados y que su porcentaje de remoción de turbidez va de 90% al 100

Sin embargo, según un estudio realizado [41], donde se usó el polvo de la semilla de moringa disuelto en agua destilada y se obtuvo un porcentaje de remoción del 27% con un tiempo de sedimentación de una hora, no llegando a cumplir con el nivel límite máximo permisible de 15 UNT de turbiedad. Este bajo resultado, tal vez se dio por el método que se empleó para preparar la semilla de la *Moringa Oleífera* ya que 12 de los 22 artículos antes de preparar el coagulante, se le extrajo el aceite y grasas que contiene la semilla mediante el extractor de soxhlet o por un prensador logrando aumentar la concentración de proteínas presentes en la solución coagulante responsables de la formación de los flóculos [28], [42].

Por otro lado, algunos estudios mencionan que la semilla de *Moringa oleífera* por sí sola no es muy eficiente comparada con el sulfato de aluminio, sin embargo, se evaluó la posibilidad de que la moringa se use como ayudante a los coagulantes sintéticos. En un estudio realizado, donde utilizaron la combinación de 250 mg/L de la semilla de *Moringa oleífera* con 30 mg/L de sulfato de aluminio se demostró una mejor eficiencia de remoción de turbidez con 96.5% comparado con el 87% que alcanzó la moringa sola [33]. También, en una investigación realizada [25], se observó que la moringa como adyuvante de PAC mejoró los resultados obtenidos en todos los parámetros medidos (turbidez, color aparente y absorción de UV254 nm), además de disminuir la cantidad de residuos producidos en el proceso.

Por ello, de acuerdo con los resultados obtenidos en la presente revisión sistemática se puede concluir que, la *Moringa oleífera* como coagulante natural presenta altos niveles de porcentajes de remoción de turbidez en aguas superficiales, en especial si se realiza un pretratamiento de la semilla como la extracción de sus aceites y grasas, para así lograr aumentar la concentración de la solución coagulante.

Esta revisión sistemática nos ayuda a considerar a la semilla *Moringa oleífera* como una alternativa natural para reducir el uso de coagulantes sintéticos que son perjudiciales para las personas, además reduce los costos en el tratamiento de la calidad del agua.

Por otro lado, la limitación que se encontró en la investigación fue la falta de información en la descripción de la metodología utilizada en los artículos revisados, por lo tanto, se desconoce cuáles fueron las condiciones que afectaron a la obtención del porcentaje de remoción de ciertos artículos y no se podrán tomar como antecedentes para futuras investigaciones.

Por último, a los futuros investigadores se les aconseja que tomen en cuenta la temperatura ya que es un factor que no fue medido en los artículos revisados y por ello se desconoce su influencia en la remoción de la turbidez, además, se recomienda usar la semilla de *Moringa oleífera* para futuros proyectos como el tratamiento de aguas en zonas rurales, ya que al ser una especie que se desarrolla naturalmente en el entorno reduce gastos de implementación, transporte y evita alterar otros parámetros que se encuentran en el agua, por ello también es recomendable realizarse estudios sobre la eficiencia del coagulante natural para remover microorganismos y buscar nuevas alternativas de tratamiento biológico.

BASE DE EXTRACCIÓN DE INFORMACIÓN ACERCA DEL PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE LA *MORINGA OLEÍFERA* COMO COAGULANTE NATURAL EN AGUAS SUPERFICIALES

Ref	Año	País	Coagulantes estudiados	Tipo de muestra de agua	Preparación de la semilla	Preparación del coagulante	Condiciones de la prueba de jarras	Dosis optima (mg/l)	%De remoción de turbidez	pH inicial	pH final
[22]	2016	Colombia	<i>Moringa oleifera</i> (corteza y semilla)	Agua de río	La semilla se secó, molió y tamizo mientras que la corteza se macero hasta obtener fibras pequeñas.	Solución salina 1%	La mezcla rápida fue de 200 rpm durante 1 min y la mezcla lenta fue de 40 rpm durante 20 min. Su tiempo de reposo fue de 20 min.	20 mg/L y 30 mg/L	60% al 70% (corteza) y 95% (semilla)	7.82-8.24	8.6 (corteza) y 7.6 (semilla)
[23]	2016	Colombia	<i>Moringa oleifera</i>	Agua de río	Se corto en trozos y se lavó con agua destilada. Luego se secó, pulverizo y tamizo.	Se uso disoluciones de 0.2M de Ca (OH)2, NaOH y NaCl para lavar los coagulantes y después se lavaba con agua destilada.	Mezcla rápida de 1 min a 200 rpm, luego una mezcla lenta de 25 min a 25 rpm. Su tiempo de reposo fue de 30 min.	60 mg/L	98.01%	6.87 y 6.93	7.27
[24]	2019	Perú	<i>Moringa oleifera</i>	Agua de río	Se limpio la semilla, se extrajo su grasa y aceite con el método de Soxhlet, triturlarlo y tamizarlo.	x	x	500 mg /L	93.70%	7.22	7.35
[25]	2018	Brasil	<i>Moringa oleifera</i> + PAC	Agua de río	La semilla se molio y se secó con un horno. El PAC se preparó con una concentración del 1%	x	Mezcla rápida de 1 min a 100 rpm, mezcla lenta de 15 min a 45 rpm. Su tiempo de reposo fue de 15 min.	40 / 2.50 mg/L y 30/5 mg/L	71% y 77%	7.537	7.322 y 7.466
[26]	2017	Colombia	<i>Moringa oleifera</i>	Agua de río	Se descascararon, se secaron, molio y tamizo y se preparó de la misma manera el sulfato de aluminio	El polvo de la semilla de moringa se disolvió con una solución salina 1% y luego se filtró y almaceno.	Mezcla rápida de 200 rpm a 1 min, la mezcla lenta de 40 rpm a 20 min, con un reposo de 30 min	60 mg/L	97.56% época seca y MO 99.35%y en época lluviosa	6.78-6.47	6.9-6.82
[27]	2020	Perú	<i>Moringa oleifera</i>	Agua de canal	Las semillas se les quito la cascara, luego se trituro y por último se tamizo para obtener un polvo fino.	x	La mezcla rápida se hizo durante 5 min y la lenta por 20 min. Se dejo reposar durante 2 horas.	400 mg/L	88.74%	8	8.1
[28]	2019	Perú	<i>Moringa oleifera</i>	Agua sintética	La semilla se pelo y se pulverizaron. 30 gr de este polvo se le extrajo el aceite con un extractor de soxhlet, para luego ser llevada a la estufa para quitarle el etanol.	Se prepararon 4 tipos de coagulantes: semilla disuelta en agua destilada 2% y NaCl 1% y semilla sin aceite disuelto en agua destilada y NaCl. (1%,05% y 2%). Por último, se filtraron.	La mezcla rápida fue de 300 rpm durante 1 min, la mezcla lenta de 40 rpm durante 40 min y el tiempo de reposo de 25 min.	MosinAc-NaCl: para 20 UNT :5 mg/L; para 120 UNT:2.5 mg/L y para 500 UNT	El coagulante con mejor remoción fue la semilla de moringa sin aceite y disuelta en NaCl. Para 20 UNT :59.3%; 120 UNT: 81.08% y 500 UNT: 89.63%	6.8-7.2	6.6-7.05
[29]	2020	Perú	<i>Moringa oleifera</i>	Agua de río	Se pelaron las semillas, se tritularon y se pesaron 10 gr de harina de moringa.	La harina obtenida se disolvió en 100 ml de agua destilada y después se filtró.	Velocidad de floculación de 30 rpm durante 30 min y tiempo de reposo de 90 min.	200 mg/L	92.37% a 98.88%	x	x
[30]	2021	Vietnam	<i>Moringa oleifera</i>	Agua de río	Las semillas se les extrajo el aceite, luego se cortó en trozos y se trituro.	El polvo obtenido se disolvió con 200 ml de agua destilada y se filtró.	La mezcla rápida fue de 120 rpm durante 2 min y la mezcla lenta de 50 rpm durante 30 min. Se dejo reposar por 30 min.	0.15 ml/L	época lluviosa: 878 % - 93.3% y en la época seca: 85.7% - 94.3%	6.5	6.3-6.5
[31]	2017	Perú	<i>Opuntia ficus indica-moringa oleifera</i>	Agua de río	Las semillas se pelaron, molieron y se tamizo.	Con el extractor de soxhlet se le extrajo el aceite y grasas	La mezcla rápida fue de 240 rpm por 5 min y la mezcla lenta 60 rpm por 20 min. Se dejo reposar por 60 min.	750 mg /L	98.89%	7.64	7.48
[32]	2014	Colombia	<i>Moringa oleifera</i>	Agua de río	La semilla se secó, trituro, tamizo y se obtuvo un polvo fino. Se extrajo el aceite de 40 gr del polvo fino obtenido, luego se secó.	10 gr de polvo desengrasado se disolvió en 10 ml de solución salina, se centrifugo, filtro. Lo mismo se hizo con 0.10 gr sin desengrasar.	La mezcla rápida fue de 1 min de 200 rpm y la mezcla lenta fue de 20 min a 40 rpm. El tiempo de reposo fue de 30 min.	4.5 mg/l - 17.5 mg/l	>90 UNT su remoción es >90 % y para turbidez <66 UNT su remoción es 70 % y 85 %.	7.43-8.09	7.5-8.2

[33]	2012	México	Moringa oleifera	Agua de laguna	Las semillas fueron lavadas, secadas, peladas y molidas para luego ser tamizadas. 70 gr del polvo de moringa fue extraído de aceites y grasas, luego fue secado.	5 g de ese polvo sin aceite se disolvió en 200 ml de agua destilado y luego se filtró. Por último, el filtrado se diluyó en un litro de agua tridestilada.	La mezcla rápida fue de 4 min de 120 rpm y la mezcla lenta fue de 20 min a 20 rpm. El tiempo de reposo fue de 10 min.	250 mg/L	88.9% y en combinación con el sulfato de aluminio (30 mg) fue de 96.5%	x	x
[34]	2013	México	Moringa oleifera	Agua de río	Las semillas se secaron, pelaron y trituraron. El polvo obtenido se le extrajo el aceite con un soxhlet, luego se secó, molió y guardo en un frasco	3 soluciones diferentes: 10 gr de polvo de moringa con 1 litro de solución (agua destilada, cloruro de sodio 1N y agua de mar) y se filtraron todas	La mezcla rápida fue de 2 min de 150 rpm y la mezcla lenta fue de 30 min a 30 rpm. El tiempo de reposo fue de 30 min.	15 mg/L,	La solución de agua de mar obtuvo una remoción de 90.72% y la solución de cloruro de sodio con 92.03%	7.81	7.85
[35]	2020	Zimbabwe	Moringa oleifera	Agua de río	Las semillas se pelaron, se secaron en un horno, luego se molió y tamizo.	Se peso 5 gr del polvo obtenido y se disolvió en 500 ml de agua destilada. Se dejó reposar por 30 min y se filtró.	La mezcla rápida fue de 2 min de 200 rpm y la mezcla lenta fue de 10 min a 20 rpm. El tiempo de reposo fue de 30 min.	50 mg/l	88.70%	7.05	6.4
[36]	2017	Brasil	Moringa oleifera	Agua sintética	Las semillas se secaron, pelaron y se molieron	3 tipos de coagulantes: polvo de semilla, MO sin aceite por un método presurizado y MO extracción con etanol y NaCl.	La mezcla rápida fue de 2 min de 200 rpm y la mezcla lenta fue de 15 min a 20 rpm. El tiempo de reposo fue de 10 a 120 min.	50 mg/l	>90%	7.03-7.79	7.03-7.80
[37]	2017	Malasia	Moringa oleifera	Agua de río	Las semillas se pelaron, se molieron y tamizaron. se eliminó el aceite con el soxhlet, se centrifugó y se secó por 24 horas.	La torta se le agregó agua destilada en diferentes concentraciones para preparar el coagulante.	La mezcla rápida fue de 2 min de 150 rpm y la mezcla lenta fue de 25 min a 50 rpm. El tiempo de reposo fue de 60 min.	30 000 mg/L (3%) de torta de semilla MO	85-94%	8.06	8.07
[38]	2017	Perú	Moringa oleifera	Agua de río	Las semillas se molieron y luego se tamizaron para obtener un polvo muy fino.	Se peso 10 gr del polvo obtenido y se disolvió en una solución salina de 1N en un agua de litro destilada.	La mezcla rápida fue de 2 min de 150 rpm y la mezcla lenta fue de 30 min a 30 rpm. El tiempo de reposo fue de 30 min.	15mg/L	97,03%	7.23	7.23
[39]	2019	Perú	Moringa oleifera + semilla de guayaba	Agua de río	Las semillas se pelaron, secaron, molieron, tamizaron y almacenaron. Se le preno antes de tamizarlo y se extrajo la grasa con papel absorbente.	x	La mezcla rápida fue de 1 min de 190 rpm y la mezcla lenta fue de 30 min a 40 rpm. El tiempo de reposo fue de 30 min.	280 mg/L (196 mg/L de moringa + 84 mg/L de guayaba)	97,49%	6.8	6.8-6.9
[40]	2015	Brasil	Moringa oleifera	Agua sintética	Las semillas se les quito las cascara mientras que otras siguieron con cascara. Luego se trituraron y tamizaron.	El polvo de moringa obtenido se le añadió a 20 ml de agua destilada	Los tratamientos se agitaron a una velocidad de 1300 rpm durante 30 min. Después se usaron distintos tiempos de sedimentación: 60,90 y 120 min.	250 mg/L	Para 70 UNT tuvo 89.5%, para 250 UNT :95.5 % y para 400 UNT: 97.5%	x	x
[41]	2019	Guatemala	Moringa oleifera	Agua sintética	Las semillas se les removió la cascara, luego se licuo para obtener un polvo fino de moringa.	A 2 gr de polvo se le agregó 200 ml de agua destilada y se mezcló. Por último, se tamizo.	La mezcla rápida fue de 100 rpm por un minuto, la mezcla lenta fue de 40 rpm durante 15 min. El tiempo de reposo fue de 15,30 y 60 min.	De 0 a 500 NTU, la dosis optima va de 30 mg/L a 70 mg/L.	con una sedimentación de 15 minutos es de 23%, con 30, de 28% y a los 60 minutos es de 27%	x	x
[6]	2019	Colombia	Moringa oleifera	Agua de río	Se pelaron las semillas para disponerlos en un recipiente y dejarlos macerar. Luego se preno para extraerle el aceite y se secó con papel absorbente. Luego se tamizo y almaceno. Las semillas peladas se les extrajo el aceite y lípidos mediante un prensado. Luego se molió hasta terminar en harina.	x	La mezcla rápida fue de 200 rpm por un minuto, la mezcla lenta fue de 40 rpm durante 20 min. El tiempo de reposo fue de 30 min.	5.5 mg/L y 170 mg/L	87.7%-96.8% - 97.6%	7-7.5	7-7.5
[42]	2015	Perú	Moringa oleifera	Agua de canal	Las semillas se les removió la cascara, luego se licuo para obtener un polvo fino de moringa.	Se preparo una solución de la moringa a una concentración de 2%	La mezcla rápida fue de 300 rpm por 5 segundos, la mezcla lenta fue de 32 rpm durante 20 min. El tiempo de reposo fue de 20 min.	110 mg/L	51.6	7.6 - 7.7	7.6 y-7.7

Nota. Las X en la tabla son para indicar que los artículos no disponían de esa información

REFERENCIAS

- [1] J. Doménech, "Control de la calidad del agua", Revista Elsevier, vol. 21, no. 10, pp. 138-146, 2002.
- [2] J. L. Cadena Montenegro y M. F. Ramírez Soler, "La seguridad humana y los problemas colaterales del agua", Revista de relaciones internacionales, estrategia y seguridad, vol. 9, no. 2, pp. 183-203, 2014.
- [3] UNESCO, "No dejar a nadie atrás", UNESCO, Paris, 2019
- [4] OMS, "Progresos en materia de saneamiento y agua potable: Informe de actualización 2015 y evaluación del ODM.", UNICEF, Estados Unidos, 2015
- [5] MINAM, "Estudio de desempeño ambiental 2003 -2013", SINIA, Lima, 2015
- [6] E.J. Acevedo Picón, "Uso de semillas de Moringa (Moringa Oleífera) como floculante natural para la purificación de aguas crudas de río Negro, río de Oro y quebrada Florida Blanca, Santander", tesis para título profesional, Universidad de Santander, 2019.
- [7] M.R. Martínez et al., "Evaluación de la turbiedad como parámetro indicador del tratamiento en una planta potabilizadora municipal", Revista UIS Ingenierías, vol.19, no.1, pp.15-24, 2020.
- [8] L. Marcó, R. Azario, C. Metzler, M. C. García, "La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadoras a partir de fuentes superficiales", Revista higiene y sanidad ambiental, vol. 4, pp.72-82, 2004.
- [9] DICLAB (2021, marzo 10), La forma mas eficaz de medir la turbidez en el agua [Online]
- [10] R. Solís et al., "Mezclas con potencial coagulante para clarificar aguas superficiales", Revista Internacional de contaminación ambiental, vol.28, no. 3, pp.229-236, 2012.
- [11] M. A. Bravo Gallardo, "Coagulantes y floculantes naturales usados en la reducción de turbidez, solidos suspendidos, colorantes y metales pesados en aguas residuales", tesis de licenciatura, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2017.
- [12] J. M. Cogollo Flórez, "Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados: caso del hidroxiclورو de aluminio", Revista DYNA, vol. 78, no. 165, 2011.
- [13] Y.C. Yin, "Emerging usage of plant-based coagulants for wáter and wastewater treatment", Process Biochemistry, vol.45, no. 9, pp. 1437-1444, 2010.
- [14] M. Meza Leones et al., "Evaluación del poder coagulante en el proceso de clarificación del agua de la cienaga de Malambo, Atlántico", Revista UIS Ingenierías, vol. 17, no. 2, pp. 95-104, 2018.
- [15] M. I. Romero Escobar, "Estudio de la eficiencia de los coagulantes naturales con respecto a los coagulantes sintéticos utilizados en el tratamiento de agua potable", tesis de titulación, Universidad Cuenca, 2022.
- [16] H. Ramírez y J. Jaramillo, "Agentes naturales como alternativa para el tratamiento del agua", Revista Facultad de Ciencias Básicas, vol. 11, no. 2, pp. 136-153, 2015.
- [17] B. García Favos, "Metodología de extracción in situ de coagulantes naturales para la clarificación de agua superficial. Aplicación en países en vías de Desarrollo", tesis de máster, Universidad Politécnica de Valencia, 2007.
- [18] R. Sanghi et al., "Ipomoea dasysperma seed gum: An effective natural coagulant for the decolorization of textile dye solutions", Journal of Environmental Management, vol. 81, no. 1, pp. 36-41, 2006.
- [19] C. Martín et al., "Potenciales aplicaciones de Moringa oleífera. Una revisión crítica", Pastos y Forrajes, vol.36, no 2, pp. 137-149, 2013.
- [20] G. Doménech Asensi, A.M. Durango Villadiego y G.R. Berrueto, "Moringa oleífera: Revisión sobre aplicaciones y usos en alimentos", Archivos latinoamericanos de nutrición, vol.67, no 2, pp. 86 -97, 2017.
- [21] C. Hernández, C. Fernández & P. Baptista, Metodología de la Investigación. 1º ed. Naucalpan de Juárez, Edo. de México: Mcgraw - Hill Interamericana de México, S.A. de C.V., 1997.
- [22] J.J. Feria Diaz et al., "Behavior of turbidity, pH, alkalinity and color in Sinú River raw water treated by natural coagulants", Revista Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, vol. 1, no.78, pp. 119-128, 2016.
- [23] N. Fuentes Molina et al., "Coagulantes naturales en sistemas de flujo continuo, como sustituto del Al₂(SO₄)₃ para clarificación de aguas", Producción + Limpia, vol. 11, no. 2, pp. 41-54, 2016.
- [24] A.D. Esquivel Cubas, "Comparación de la eficiencia de la moringa (Moringa oleífera) y el mucilago de tuna (Opuntia ficus indica), en el tratamiento de aguas de río Reque", tesis para título profesional, Universidad Cesar Vallejo, 2019.
- [25] K. C. Valverde et al., "Combined water treatment with extract of natural Moringa oleífera Lam and synthetic coagulant", Revista Ambiente & Agua, vol. 13, no. 3, pp. 11J-11J, 2018.
- [26] C.H. Sampayo Benavides y J.J. Feria Diaz, "Determinación preliminar de productos secundarios de cloración (SPD), en aguas crudas del río Magdalena tratadas con coagulantes naturales y sintéticos", Bistua, vol. 15, no.2, pp. 37-42, 2017.
- [27] H.S. Campos Castro, "Efecto coagulante de la semilla de Moringa (Moringa oleífera) para clarificar agua del canal Monsefú, centro poblado Callanca, distrito Monsefú", tesis para título profesional, Universidad de Lambayeque, 2020.
- [28] E.M. Arenas Diaz, "Efecto de la remoción del aceite de las semillas de Moringa oleífera en el tratamiento de aguas por coagulación - floculación", tesis para título profesional, Universidad Nacional Agraria La Molina, 2019.
- [29] M.A. Castillo Cohaila y E.O. Avendaño Cáceres, "Efecto de las semillas de moringa (Moringa oleífera lam.) en las condiciones para la clarificación del agua del río sama", Revista de la Sociedad Química del Perú, vol. 86, no.1, 2020.
- [30] H.T. Nhut et al., "Use of Moringa oleífera seeds powder as bio-coagulants for the surface water treatment", vol. 18, no. 8, pp. 2173-2180, 2021.
- [31] K. Urquia Collantes, "Eficiencia de la Opuntia Ficus-Indica frente a la Moringa Oleífera, en el tratamiento de aguas del Río Huaycoloro, SJL-2017", tesis para obtener título profesional, Universidad Cesar Vallejo, 2017.
- [32] J. Feria et al., "Eficiencia de la semilla Moringa Oleífera como coagulante natural para la remoción de la turbidez del río Sinú", Producción + Limpia, vol. 9, no. 1, pp. 9-22, 2014.
- [33] J.R. Rodríguez et al., "Moringa Oleífera seed extract in the clarification of surface waters", International Journal of Environmental Protection, vol.2, no. 11., pp. 17-21, 2012.
- [34] M.M. Sandoval Arreola y J.R. Laines Canepa, "Moringa oleífera una alternativa para sustituir coagulantes metálicos en el tratamiento de aguas superficiales", Ingeniería, vol. 17, no. 2, pp. 93-101, 2013.
- [35] B.I. Gandiwa et al., "Optimisation of using a blend of plant based natural and synthetic coagulants for water treatment: (Moringa Oleífera-Cactus Opuntia-alum blend)", South African Journal of Chemical Engineering, vol. 34, pp. 158-164, 2020.
- [36] F. Pereira Camacho et al., "The use of Moringa oleífera as a natural coagulant in surface water treatment", Chemical Engineering Journal, vol. 313, pp. 226-237, 2017.
- [37] T.C. Shan et al., "The use of Moringa oleífera seed as a natural coagulant for wastewater treatment and heavy metals removal", Appl Water Sci, vol. 7, pp. 1369-1376, 2017.
- [38] M.S. Gómez Cornejo, "Tratamiento de las aguas superficiales mediante el uso de semilla de Moringa (moringa oleífera) como coagulante orgánico en la cuenca baja del Río Caraveli - Arequipa 2017", tesis para bachiller, Universidad Alas Peruanas, 2017.
- [39] J.D. Torreblanca Sifuentes, "Uso de la semilla de guayaba y moringa como coagulante para el tratamiento del agua en la cuenca media del Río Rimac 2019", tesis para título profesional, Universidad Cesar Vallejo, 2019.
- [40] G.L. Muniz et al., "Use of moringa oleífera seeds for the removal of turbidity of water supply", Revista Ambiente & Água, vol. 10, no. 2, pp. 454-463, 2015.
- [41] E.G. Turcios Flores, "Uso de semilla de Moringa oleífera como coagulante orgánico en el tratamiento de agua para consumo humano", Agua, Saneamiento y Ambiente, vol. 14, no. 1, pp. 2-10, 2019.
- [42] W.S. Sáenz Taha, "Utilización de la semilla natural Moringa Oleífera como ayudante de la coagulación en la planta potabilizadora de agua de la ciudad de Caraz provincia de Huaylas Ancash", tesis para título profesional, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, 2015.
- [43] E. Perez Lopez, "Control de calidad en aguas para consume humano en la región occidental de Costa Rica", Revista Tecnología en marcha, vol 29, no. 3, pp.379-382, 2016.

[44]L. Ynofuente y M. Flores, "Uso de coagulantes naturales como alternativa de reducción de la turbidez", tesis de bachiller, Universidad Peruana Unión, 2020.