

Revisión sobre clarificación del agua y el uso de semillas de moringa, *Moringa oleifera* Lam.

Review on water clarification and the use of moringa seeds, Moringa oleifera Lam.

Marcial Alfredo Castillo Cohaila¹ 

¹ Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Tacna, Perú.

Autor correspondiente: mcastilloc@unjbg.edu.pe

Resumen: La clarificación del agua es parte importante en el proceso del tratamiento del agua, el cual fundamentalmente se realiza utilizando sustancias inorgánicas, siendo posible también la utilización de sustancias orgánicas. Las semillas obtenidas de las vainas que produce el árbol conocido como moringa, tiene, entre sus múltiples beneficios reportados, su uso para la clarificación del agua. El objetivo de la presente revisión es difundir los trabajos realizados sobre el tratamiento del agua y la aplicación de las semillas de moringa, *Moringa oleifera* Lam., en la clarificación del agua como tratamiento primario en la eliminación de sólidos finos en suspensión. Para ello se realizó una revisión bibliográfica de investigaciones publicadas en revistas indexadas en bases de datos de Latindex, Scielo, Scientific Research, Redalyc y repositorios académicos publicados especialmente en español y algunos en inglés y portugués. Como resultado se citan los métodos tradicionales de purificación de agua y los tratamientos naturales, entre los que se destaca el uso de semillas de moringa, habiéndose realizado en diferentes partes del mundo estudios, que ponen en evidencia el potencial que tienen estas semillas para el tratamiento del agua, con la ventaja de no dejar residuos tóxicos en el agua tratada, comparativamente con el sulfato de aluminio que es el compuesto químico que generalmente se utiliza como agente coagulante en la potabilización del agua.

Palabras clave: clarificación del agua, semilla de moringa, tratamiento del agua, turbidez.



Abstract: Water clarification is an important part of the water treatment process, which is basically carried out using inorganic substances, although the use of organic substances is also possible. The seeds obtained from the pods produced by the tree known as moringa, have, among its many reported benefits, their use for water clarification. The objective of this review is to disseminate the work carried out on water treatment and the application of moringa seeds, *Moringa oleifera* Lam., in water clarification as a primary treatment for the removal of fine suspended solids. For this, a bibliographic review of research published in journals indexed in Latindex, Scielo, Scientific Research, Redalyc databases and academic repositories published especially in Spanish and some in English and Portuguese was carried out. As a result, traditional methods of water purification and natural treatments are cited, among which the use of moringa seeds stands out, having carried out studies in different parts of the world, which show the potential of these seeds for the treatment of the water, with the advantage of not leaving toxic residues in the treated water, compared to aluminum sulfate, which is the chemical compound that is generally used as a coagulating agent in the purification of water.

Keywords: water clarification, moringa seed, water treatment, turbidity.

1. INTRODUCCIÓN

Antiguamente, en Egipto el tratamiento del agua consistía en hervirla, someterla a la radiación de sol, introducir una barra de cobre caliente siete veces en ella para después filtrarla y enfriarla en un recipiente⁽¹⁾; y actualmente el tratamiento del agua constituye una complejidad de procesos⁽²⁾ que puede no realizarse sobre el agua misma sino sobre las sustancias que se encuentran en suspensión verdadera o coloidal y en solución⁽³⁾ en la que se adiciona al agua componentes químicos⁽⁴⁾, comprendiendo varios pasos como la decantación, aireación, coagulación, sedimentación, filtración y la desinfección⁽⁵⁾.

Los componentes químicos y microbiológicos en las aguas superficiales pueden estar presentes de forma natural o ser introducidos por el hombre⁽⁶⁾; conocer la calidad del agua permite predecir el grado de contaminación y establecer estrategias de planeación del recurso hídrico⁽⁷⁾.

Aplicar procesos de clarificación permite la remoción de partículas suspendidas y coloidales⁽⁸⁾, utilizándose coagulantes para la remoción de los sólidos suspendidos y disueltos⁽⁹⁾.

Teniendo en cuenta lo mencionado, la presente contribución tiene como objetivo realizar una revisión referente a trabajos realizados sobre el tratamiento del agua y la utilización de las semillas de moringa en la clarificación del agua como tratamiento primario en la eliminación de sólidos finos en suspensión.

2. MATERIALES Y MÉTODO

Se seleccionó información de artículos de revisión y artículos originales de investigaciones publicados en revistas científicas indexadas en bases de datos Latindex, Scielo, Scientific Research, Redalyc y repositorios académicos publicados especialmente en español y algunos en inglés y portugués, relacionados a tratamientos convencionales y tratamientos naturales del agua. Esta revisión se realizó en el marco de la tesis doctoral “Efecto en la clarificación del agua del río Sama, por tratamiento con semilla de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) de Tacna - 2018⁽¹⁰⁾.

3. RESULTADOS

3.1. Generalidades del tratamiento del agua

El tratamiento del agua puede dividirse en tres categorías principales: la purificación para uso doméstico, el tratamiento para aplicaciones industriales especializadas y el tratamiento de las aguas residuales para hacerlas aceptables para su vertimiento o vertido o su reutilización⁽¹¹⁾, pudiéndose agruparse estos tratamientos en físicos, químicos y tratamientos de intercambio iónico, además de tratamientos para los hongos, algas, microbios, etc.⁽¹²⁾.

El tipo de tratamiento del agua depende del uso que se le dará⁽¹¹⁾, como ser abastecimiento de la población, uso agrario, usos industriales, acuicultura, usos recreativos y otros usos⁽¹³⁾. El objeto del tratamiento es reducir los contenidos indeseables presentes en el agua por debajo de lo establecido en la normativa de calidad⁽³⁾. Se debe eliminar las partículas suspendidas que le confieren turbidez y color indeseables al agua⁽¹⁴⁾, lo cual involucra el uso de coagulantes para remover turbidez en la forma de material suspendido y coloidal⁽¹⁵⁾.

En la potabilización del agua se han estudiado diferentes parámetros, como ser la turbidez, color, pH, alcalinidad⁽¹⁶⁾, la eficiencia de la operación de sedimentación⁽¹⁷⁾, dosis de coagulante, velocidad de mezcla rápida y velocidad de mezcla lenta⁽¹⁸⁾.

Se realiza con el fin de remover o reducir sus contaminantes⁽¹⁹⁾, pero por las características físicas, químicas y microbiológicas diferentes del agua según la fuente de captación no todos los reactivos aplicados funcionan con la misma eficacia⁽²⁰⁾, por lo que debe establecerse el proceso de remediación a usarse para remover la contaminación del agua⁽²¹⁾, que depende de las características del agua a tratar⁽²⁾, evitándose así obtener una calidad de agua no deseada⁽²²⁾, para que se suministre agua de consumo público que esté libre de contaminantes peligrosos para la salud y que sea comestible⁽²³⁾.

3.2. Turbidez del agua

La turbidez del agua cruda puede variar ampliamente desde valores prácticamente de cero hasta miles de UNT⁽²³⁾; y ocurre por la presencia de partículas suspendidas y disueltas en ella. El tamaño de las partículas puede ir desde partículas coloidales hasta partículas macroscópicas⁽²⁴⁾, de dimensiones variables, desde 10 nm hasta diámetros del orden de 0,1 mm asociados a minerales, partículas orgánicas húmicas (provenientes de la descomposición o agregación de restos vegetales y partículas filamentosas como restos de amiantos u otros filosilicatos⁽²⁵⁾, partículas de arcilla, cieno, fibras vegetales o microorganismos⁽²⁶⁾ que ocasionan la falta de transparencia del agua⁽²⁷⁾.

La turbidez varía con el tiempo de forma decreciente debido a la deposición de partículas por acción de la gravedad o mecanismos de coagulación y floculación natural de las partículas coloidales⁽²⁸⁾, debiendo controlarse en forma estricta en cada etapa del tratamiento⁽²⁹⁾, considerándose en general que la turbidez es causada por las partículas de materias inorgánicas⁽²²⁾, aunque no constituye un análisis cuantitativo de los sólidos en suspensión sino que mide qué tanto es absorbida o dispersada la luz por la materia en suspensión⁽³⁰⁾.

La turbidez por encima de 5 UNT puede ser perceptible y en consecuencia generar reparos por parte del consumidor⁽³¹⁾, además, interfiere con la mayoría de procesos a que se pueda destinar⁽³²⁾ y que, aunque no es una propiedad inherente al agua, constituye un indicador de la calidad de las aguas públicas⁽³³⁾. En las aguas superficiales es normal que se manifieste; mientras que en las subterráneas no ocurre⁽³⁴⁾.

El contenido de turbidez típico de diferentes líquidos varía desde 0,02 a 2 000 UNT (tabla 1) y la medición de ella en el nefelómetro utiliza un diodo de luz infrarroja que emite luz a 890 nm⁽³³⁾.

Tabla 1. Valores típicos de turbidez de varios líquidos⁽³³⁾

Líquidos	Turbidez (UNT)
Agua desionizada	0,02
Agua potable	0,02 a 0,5
Agua de manantial	0,05 a 10
Agua residual (no tratada)	70 a 2 000
Agua blanca (industria del papel)	60 a 800

3.3. Proceso de clarificación del agua

La clarificación constituye el proceso más importante en el tratamiento convencional del agua⁽³⁵⁾.

En la clarificación del agua conceptualmente se tiene a la coagulación, floculación y sedimentación como partes del proceso⁽¹⁹⁾, constituyendo la coagulación y la floculación procesos esenciales en el tratamiento de la mayoría de aguas superficiales⁽²³⁾, siendo muchos los factores en la calidad del agua que afectan su resultado⁽³⁶⁾.

Para la clarificación se utilizan diversos coagulantes/floculantes⁽³⁷⁾, que actúan contra las diversas sustancias químicas y biológicas disueltas o suspendidas en ella⁽³⁸⁾, constituyendo un método químico⁽³⁹⁾, que se realiza para la potabilización del agua⁽²²⁾, y de su correcta realización dependerá el lograr la meta de remover las impurezas contenidas en el agua⁽¹⁹⁾. La dosis óptima de coagulante será la que ofrezca mejores resultados en cuanto a remoción de color y turbiedad sin causar descenso fuerte en el pH⁽⁴⁰⁾.

3.4. Coagulación

Reacción que inicia en el momento de la adición de los coagulantes al agua⁽⁴¹⁾, con el propósito de desestabilizar los coloides⁽⁴²⁾ o sólidos suspendidos y no los disueltos⁽⁴³⁾ y para el transporte de las partículas dentro de ella⁽⁴⁴⁾, efecto que se logra al reducir las fuerzas de separación entre las partículas⁽⁴⁵⁾.

Las partículas coloidales tienen cargas superficiales electrostáticas que originan fuerzas de repulsión entre ellas que impiden que se aglomeren⁽³²⁾ y que con sustancias que se agregan para reducir la carga de los iones se aglutinan los sólidos en suspensión⁽⁴⁶⁾ restando la tendencia de los coloides

a repelerse entre sí por la adición de productos que aportan iones con carga positiva al agua que contiene coloides con carga negativa⁽⁴⁷⁾.

La selección del tipo óptimo de coagulante, así como su dosificación, deben determinarse experimentalmente para cualquier tipo de agua o agua residual⁽⁴⁸⁾ debido a que es un proceso muy complejo⁽³⁾ en el que para potabilizar el agua se hace uso de insumos químicos⁽⁴⁾, siendo la dosis del coagulante dependiente de las características de la fuente de agua y del tipo de coagulante a utilizar⁽⁴⁹⁾.

La coagulación es parte fundamental del proceso de tratamiento del agua⁽⁵⁰⁾ en la que el sulfato de aluminio y el sulfato férrico gozan casi de exclusividad⁽⁸⁾, no existiendo una fórmula que establezca que coagulante o que cantidad de coagulante es la necesaria⁽³⁹⁾. Así, con poca cantidad de coagulante, la cantidad de turbidez residual es elevada; o con alta cantidad de coagulante la turbidez residual es igualmente elevada⁽⁴⁵⁾; manifestándose que las dosis son muy pequeñas, de unos pocos gramos a 100-150 g/m³⁽³⁾.

Existen tres clases de coagulación⁽⁴⁴⁾: adsorción-desestabilización (neutralización de la carga o compresión de doble lecho), puente químico (unión de partículas por medio de cadenas poliméricas) e incorporación (producción de precipitado); hay implicación entre la neutralización de cargas, la interacción entre el coagulante químico y una carga contaminante⁽⁴⁵⁾; en el caso del puente químico, se establece debido a que las moléculas del polímero son muy largas y contienen grupos químicos que absorben las partículas coloidales⁽²²⁾; mientras que la coagulación por incorporación o de barrido no es una verdadera coagulación debido a que al utilizarse altas dosis de coagulante se excede su solubilidad, formándose una masa esponjosa que atrapa a los coloides y partículas en suspensión en su precipitación⁽⁴⁴⁾.

Previamente se realiza la mezcla rápida que para la mayoría de las aguas se realiza entre 30 a 60 segundos⁽⁴⁹⁾ y la coagulación o floculación se realiza después del mezclado con tiempos de retención que oscilan entre 15 y 45 minutos⁽⁵¹⁾, teniendo la coagulación-floculación un rol significativo en el tratamiento del agua para beber⁽⁵²⁾. Este proceso de coagulación se realiza en 3 etapas separadas: adición de los coagulantes, dispersión de los coagulantes (mezcla rápida) y aglutinación de partículas (mezcla lenta)⁽⁵³⁾, debiendo este proceso ser controlado muy bien por ser una de las etapas más importantes del tratamiento del agua⁽²⁾.

3.5. Floculación

Es la agregación de los coloides⁽¹⁾, en la que las partículas desestabilizadas se unen por enlaces de hidrógeno o fuerzas de Van der Waals⁽²³⁾ para lo cual se utilizan compuestos puente que forman enlaces químicos entre las partículas coloidales y “enmallan” las partículas en masas relativamente mayores llamadas redes de flóculos⁽¹¹⁾; propician su agrupamiento en flóculos más grandes que se ven favorecidos por una agitación baja que evite dañar la débil cohesión al considerar que una agitación lenta mayor a 15 a 20 minutos homogeniza mejor el tamaño de los flóculos y aumenta sus densidades⁽³⁾, formando básicamente de un número grande de pequeñas partículas un número más pequeño de partículas más grandes⁽⁵⁴⁾, los cuales serán eliminados del agua mediante sedimentación, flotación o filtración⁽³⁰⁾.

Los flóculos que se forman tienen aspectos de grumos esponjosos de forma irregular que atrapan los coloides pequeños no coagulados al asentarse al fondo⁽⁴⁷⁾; y que al no ser una reacción química se precisa una agitación moderada que ponga en contacto las partículas con el reactivo manteniéndolos en suspensión⁽⁵⁵⁾.

3.6. Sedimentación

Proceso de remoción de las partículas en suspensión del agua que son removidas por efecto de la gravedad reflejándose en esta el adecuado proceso de coagulación floculación⁽²⁾, llevándose a cabo la agregación de las impurezas muy pequeñas en agregados de mayor tamaño que permiten su separación satisfactoria del agua por sedimentación⁽⁴⁸⁾, la cual se logra dejando sedimentar el agua o filtrándola o realizando estos procesos secuencialmente que es lo común⁽⁵³⁾.

El proceso de eliminar materiales en suspensión se realiza empleando un tiempo de retención adecuado. Estos sólidos están constituidos generalmente por arenas, limos y coloides agrupados mediante las etapas anteriores de coagulación y floculación⁽¹⁹⁾, realizándose su eliminación mediante sedimentación forzada químicamente⁽¹³⁾ en la que el agua se conduce por un periodo de tiempo a velocidades muy lentas y permitiendo la decantación de los flóculos formados⁽¹⁾.

Luego de agregar coagulantes al agua se mejora la remoción de los contaminantes⁽⁴⁵⁾ mediante el incremento del tamaño del flóculo y la consecuente rapidez de la sedimentación⁽³⁹⁾; se retira las partículas portadoras de bacterias que le dan color y turbidez al agua⁽⁴⁶⁾; sin embargo,

las partículas que se forman en la coagulación podrían ser todavía pequeñas y con densidad insuficiente⁽³²⁾.

3.7. Coagulantes

La selección del coagulante es un proceso en el que se consideran varios criterios de modo que se garantice las óptimas condiciones del tratamiento en el equipo de clarificación con la consecuente mejor calidad del agua tratada y a un menor costo⁽¹⁹⁾.

Se clasifican en dos grupos: inorgánicos y orgánicos⁽⁵⁷⁾.

3.8. Coagulantes inorgánicos (químicos)

Los coagulantes químicos más usados en el mundo para el tratamiento del agua, que pueden ser simples o polimerizados, son el sulfato de aluminio⁽⁵⁸⁾, las sales de hierro y la cal⁽⁵⁷⁾; cada coagulante tiene un valor de pH específico donde ocurre la mínima solubilidad y la máxima precipitación⁽¹⁹⁾.

La utilización de coagulantes químicos tiene diversas desventajas como su costo alto, producción de elevados volúmenes de lodo y con su tratamiento se afecta el pH del agua⁽⁵⁹⁾, que puede llevar a cabo la desestabilización de los coloides como ayuda de la coagulación y otros por diferentes maneras⁽⁵⁷⁾.

3.9. Coagulantes orgánicos (naturales)

Los coagulantes naturales tienen importancia ambiental y ecológica⁽⁶⁰⁾; se considera, por ejemplo, la alternativa de la fitorremediación por la capacidad de las plantas para absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes del suelo, aire, agua o sedimentos⁽⁶¹⁾.

Entre los polímeros orgánicos naturales se tiene al almidón y los derivados de la celulosa, materiales proteicos y gomas compuestas por polisacáridos⁽¹¹⁾ que generalmente no tienen un peso molecular tan alto como los polímeros sintéticos⁽³⁹⁾. Los polímeros catiónicos funcionan como agentes desestabilizantes por formación de enlaces de puente, neutralización de carga o ambos⁽⁴⁸⁾.

3.10. Tratamiento del agua con sustancias naturales

El uso de agentes químicos permite remover los sólidos suspendidos clarificando el agua⁽¹⁴⁾, constituyendo los coagulantes de hierro y aluminio la

primera opción, por ejemplo, para el tratamiento de las aguas residuales; sin embargo, es objeto de discusión su posible afectación a la salud humana⁽⁴³⁾, como por ejemplo el mal de Alzheimer⁽⁶²⁾, por lo que existe interés en el desarrollo de coagulantes naturales alternativos⁽⁶³⁾ que pueden ser obtenidos de semillas, hojas, cortezas o savia, raíces y frutos de árboles y plantas⁽⁶⁴⁾ o de sus extractos vegetales⁽⁶⁵⁾, observándose en estos que aumenta la remoción del material en suspensión conforme aumenta la dosis de coagulante⁽⁵⁹⁾, constituyendo una alternativa técnica a los coagulantes convencionales, con beneficios para la salud pública, además de la preservación del medio ambiente⁽⁶⁶⁾.

Constituyen una gran alternativa por su mínimo o nulo efecto negativo en la salud⁽⁶⁵⁾ con efectividad comprobada para remover turbidez y color del agua⁽⁴⁶⁾ que se pueden obtener de sustancias animales o vegetales⁽²²⁾ y de microorganismos⁽⁵⁷⁾; existe considerable interés en su utilización⁽¹⁵⁾ por su obtención de la naturaleza sin ningún proceso invasivo y por haberse eliminado el paradigma de los productos químicos en la clarificación del agua⁽⁵⁸⁾.

En la clarificación del agua, utilizando agentes naturales, se consideran factores como concentración y proporción de los coagulantes, pH y velocidad de agitación⁽⁶⁷⁾; en dicho proceso se observa que la velocidad de agitación tiene incidencia en la acción clarificante para llegar hasta las partículas más dispersas que aumentan la eficiencia⁽⁶⁸⁾ en el proceso de remoción de turbidez del agua⁽⁶⁹⁾.

Como coagulantes naturales se utilizan cactáceas^(70, 68); así las hojas de tuna (*Opuntia ficus-indica*) registran eficiencia en remoción de color de 94 % en agua artificial⁽⁷¹⁾; el almidón de plátano, aunque presentó una sedimentación lenta, sirve como ayuda en la floculación⁽⁷²⁾; la goma de tara permite un rápido proceso de coagulación⁽⁷³⁾; las semillas del Neem y el maíz demostraron ser alternativas asequibles y sostenibles en la potabilización del agua⁽⁴⁶⁾; las semillas de tamarindo muestran un gran desempeño en la remoción de turbidez de aguas residuales muy turbias, pero no en aguas residuales de baja turbidez⁽⁷⁴⁾, taninos extraídos a partir de cáscara de manzana alcanzaron eficiencia de reducción de la turbidez del agua superior a 70 %⁽⁶⁹⁾; el quitosano, como ayudante de floculación, permite reducir hasta en 50 % el uso del coagulante primario sin afectar el resultado de manera considerable⁽⁷⁵⁾; taninos y mucílagos favorecen la remediación de efluentes de industrias textiles y de curtiembres⁽⁴³⁾, permitiendo tener los sistemas de abastecimiento de agua sustentables de acuerdo a los principios de la química verde⁽⁷⁶⁾.

En la clarificación del agua se usan diferentes concentraciones de coagulante⁽⁷⁷⁾; y para el tratamiento con coagulantes naturales se utiliza agua turbia natural⁽⁷⁸⁾ o agua artificial⁽⁷¹⁾ influyendo en el proceso factores químicos e hidráulicos que determinan la selección del mejor coagulante y su dosis óptima, siendo necesario realizar la prueba de jarras⁽³⁹⁾. El almidón de plátano (*Musa paradisiaca*) se usó a dosis de 0,1 a 5 mg/L⁽⁷⁹⁾, polvo de la semilla de la *Cassia fistula* en dosis de 15-25 mg/L⁽⁸⁰⁾, extracto en polvo obtenido de penca de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en dosis de 50 a 90 mg/L⁽⁸¹⁾, goma tara en solución al 10 % a una dosis de 10 ml/L⁽¹⁸⁾.

3.11. Tratamiento del agua con semilla de moringa

Las semillas de moringa provienen de las vainas de la *Moringa oleifera* Lam. de la familia Moringaceae. Es un árbol originario del noroeste de la India⁽⁸²⁾. Actualmente es cultivada en casi todo el mundo porque es complaciente con el medio ambiente capaz de soportar la inclemencia del mismo⁽⁸³⁾, siendo la especie de árbol con más rápido crecimiento en el mundo⁽⁸⁴⁾.

Las semillas sirven para la purificación del agua potable y para la sedimentación de partículas minerales orgánicas en aguas residuales⁽⁸⁵⁾, como parte de la fitorremediación del agua⁽⁶¹⁾, siendo utilizada como coagulante del agua en plantas de tratamiento convencional⁽⁸⁶⁾ constituyendo un viable reemplazo coagulante en el tratamiento del agua por sus propiedades químicas semejantes al sulfato de aluminio⁽⁸⁷⁾, esto ya que contienen un floculante natural tipo electrolito con función aniónica y catiónica, con excelentes propiedades coagulantes con importantes cantidades de aminoácidos polares con carga neta positiva y negativa⁽⁷⁹⁾ y que además de utilizarse para purificar agua, se emplea en la industria de pulpas y jugos para flocular y sedimentar y en la industria cervecera para sedimentar levaduras eliminando la turbidez y otorgándole brillantez al producto⁽⁸⁵⁾.

3.12. Dosis de semilla de moringa en la clarificación del agua

Para el tratamiento de coagulación la semilla de moringa se clasifica, seca, muele y tamiza, y posteriormente se desengrasa⁽⁸⁹⁾; se realiza la molienda en un molino hasta obtener una harina blanco amarillenta⁹⁰, para entonces pesarla a una cantidad relativa masa volumen para añadirle agua destilada⁽⁹¹⁾; o como mencionan otros autores se utilizan las semillas de moringa cruda⁽⁶⁵⁾ que se muelen⁽¹⁴⁾ para preparar el extracto en agua destilada⁽⁹²⁾ o NaCl⁽⁴⁶⁾.

Se mencionan diversas dosis para el uso de semilla de moringa en el tratamiento del agua, así se logra reducir la turbidez del agua en un 64% utilizando 0,013

g/L en el tratamiento del agua con 50 UNT⁽⁹³⁾; remueven 87,4% de turbiedad, para un valor de turbidez inicial de 40 UNT, utilizándose casi el doble de dosis con 0,025 g/L⁽⁹⁰⁾, mientras que se logra utilizando dosis de semillas de hasta 0,25 g/L reducir la turbidez del agua hasta en 90%⁽⁹⁴⁾ y otros autores reportan que la semilla de moringa tiene la capacidad de remover la turbidez del agua por encima de 88%⁽⁹⁵⁾, 96,23%⁽⁹⁶⁾, 95% mínimo⁽⁹⁷⁾; manifestándose que no ocurre modificación significativa del pH durante el tratamiento de coagulación⁽⁸⁹⁾.

3.13. Velocidad de floculación con semilla de moringa

En lo referente a al uso de diferentes velocidades de floculación, diversos autores indican haber alcanzado reducción en los niveles de turbidez del agua de 88 al 95%, así; utilizando semillas de moringa con una velocidad de floculación de 45 rpm, obtuvieron una remoción de la turbidez del agua de 95%⁽⁴⁶⁾ y con una velocidad de floculación de 50 rpm se encontró una eficiencia ligeramente inferior a cuando se utiliza sulfato de aluminio, siendo de hasta 88% la remoción de la turbidez⁽⁶³⁾. En aguas residuales de una central de sacrificio con velocidad de floculación de 30 rpm, se removió hasta 86,7 % de turbidez del agua⁽⁹⁸⁾; y finalmente se obtuvieron eficiencias en la remoción de la turbidez superiores a 90% con velocidad de floculación de 30 rpm⁽⁸⁹⁾; y con 40 rpm de velocidad de floculación, lograron remover más de 95% de turbiedad⁽⁹⁹⁾.

3.14. Tiempo de sedimentación

El tiempo de sedimentación utilizado en diferentes investigaciones es variado, así utilizando semillas de moringa, se obtuvo 64% de remoción de turbidez del agua, pero aplicaron solo 15 minutos de tiempo para la sedimentación de los floculos⁽⁹³⁾; eliminaron el 86,7% de la turbidez de aguas residuales utilizando semillas de moringa, pero con tan solo 20 minutos de tiempo de sedimentación⁽⁹⁸⁾; y empleando una mezcla de moringa y alumbre con 15 minutos de sedimentación, alcanzaron una remoción de turbidez de 99,5+0%⁽⁹⁾.

4. CONCLUSIONES

Los coagulantes naturales utilizados para la clarificación del agua, son de múltiple naturaleza, constituyéndose en potenciales recursos para la sustitución o reducción del uso de los coagulantes inorgánicos que no son amigables con el medio ambiente. Es posible lograr altos niveles de reducción de la turbidez en la clarificación de aguas de diferente turbidez utilizando coagulantes naturales como la semilla de moringa, siendo esta uno de los

recursos naturales que mejores posibilidades ofrece para el tratamiento como clarificante de aguas.

CONFLICTO DE INTERÉS

El autor declara no tener conflicto de interés.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lozano W, Lozano G. Potabilización del agua: Principios de diseño, control de procesos y laboratorio [Internet]. Bogotá. Colombia: Universidad Piloto de Colombia; 2015. Disponible en: <https://books.google.com.pe/>
2. Chulluncuy N. Tratamiento de agua para consumo humano. Ingeniería Industrial. 2011;(29):153-70.
3. Gomella C, Guerrée H. Tratamiento de aguas para abastecimiento público [Internet]. Barcelona. España: Editores técnicos asociados; 1997. 237 p. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=W9sMqDlwMTMC&pg=PR6&lpg=PR6&dq=Gomella+y+Guerrée,+1977&source=bl&ots=liv-8IlCre&sig=u4jh8XK4YpEu2RM6V6fMelDhABk&hl=es&sa=d4PXdAhXCfpAKHaHoA20Q6AEwDHoECAMQAQ#v=onepage&q=Gomellay uerrée%2C1977&f=fal>
4. Berdonces JL. La problemática del tratamiento del agua potable. 2008;2:69-75.
5. Farhaoui M, Derraz M. Review on optimization of drinking water treatment process. Journal of Water Resource and Protection [Internet]. 2016;08(08):777-86. Disponible en: <http://www.scirp.org/journal/doi.aspx?DOI=10.4236/jwarp.2016.88063>
6. Sardiñas O, Chiroles S, Fernández M, Hernández Y, Pérez A. Evaluación físico-química y microbiológica del agua de la presa El Cacao (Cotorro, Cuba). Higiene y Sanidad Ambiental. 2006;6(6):202-6.
7. Amado J, Rubiños E, Gavi R, Alarcón J, Hernández E, Ramírez C, et al. Índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac, Hidalgo, México: Diagnóstico y predicción. Phytón (B Aires). 2006;75:71-83.
8. Ramírez H, Jaramillo J. Agentes Naturales como Alternativa para el Tratamiento del Agua. Revista Facultad de Ciencias Básicas. 2016;

9. Olivero R, Flores A, Vega LVG. Evaluación de una mezcla para coagulantes naturales, *Opuntia ficus* y *Moringa oleífera* en clarificación de aguas. *Producción + Limpia*. 2017;12(2):71-9.
10. Castillo MA. Efecto en la clarificación del agua del río Sama, por tratamiento con semilla de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) de Tacna - 2018. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Escuela de Posgrado. Doctorado en Ciencias Ambientales; 2020. Tacna. Perú.
11. Manahan S. Introducción a la química ambiental. México: Reverté; 2007. 709 p.
12. Leidinger O. Procesos industriales. Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú; 1997. 279 p.
13. Ojeda M. Tratamiento de agua potable [Internet]. 5.0. Elearning E; 2015. 545 p. Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=s8ZWDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Tratamiento+de+agua+potable:+Ojeda&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjTvY-nxt3hAhUFj1kKHd00D44Q6AEIJzAA#v=onepage&q=Tratamiento de agua potable%3A Ojeda&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=s8ZWDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Tratamiento+de+agua+potable:+Ojeda&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjTvY-nxt3hAhUFj1kKHd00D44Q6AEIJzAA#v=onepage&q=Tratamiento+de+agua+potable%3A+Ojeda&f=false)
14. Solís R, Laines J, Hernández J. Mezclas con potencial coagulante para clarificar aguas superficiales. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 2012;28(3):229-36.
15. Šćiban M, Klašnja M, Antov M, Škrbić B. Removal of water turbidity by natural coagulants obtained from chestnut and acor. *Bioresource Technology*. 2009;100(24):6639-43.
16. Mendoza I, Fernández N, Ettiene G, DÍaz A. Uso de la *Moringa oleifera* como coagulante en la potabilización de las aguas. *Ciencia*. 2000;8(2):235-42.
17. Paterniani J, Mantovani M, Sant'Anna M. The use of *Moringa oleifera* seeds for treatment of surface water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2009;13(6):765-71.
18. Perez Huachaca W, López-Gonzales JL. Aplicación de un diseño factorial 24 en la remoción de turbiedad del río Rímac mediante la coagulación y floculación usando goma de tara. *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo*. 2017;3(1):18-28.
19. Cogollo J. Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados: Caso

- del Hidroxicloruro de aluminio. DYNA. 2011;78(165):18-27.
20. Yagual M, Torres F. Análisis comparativo del proceso de floculación-coagulación en la potabilización de agua de río, usando como fuente de captación el Río Daule y el Río Babahoyo en la Provincia del Guayas. 2013.
21. Clark JH. Book Review of Green Materials for Sustainable Water Remediation and Treatment. Green and Sustainable Chemistry. 2014;(4):175-6.
22. Andía Y. Tratamiento de agua coagulación y floculación. Lima: Sedapal; 2000. p. 1-44.
23. Twort A, Ratnayaka D, Brandt M. Water supply [Internet]. 5th ed. London: Arnold & IWA; 2000. 676 p. Disponible en: https://books.google.com.pe/books?id=mabDwYWAhUsC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
24. Rebollo J. Puesta en servicio y operación de redes de distribución de agua y saneamiento. Antequera, Málaga, España: IC Editorial; 2014.
25. Marín R. Dinámica fisicoquímica de aguas. Madrid. España: Ediciones Diaz de Santos; 2014. 72 p.
26. Contreras A, Molero M. Ciencia y tecnología del medio ambiente. Madrid. España: Universidad Nacional de Educación a Distancia; 2011. 384 p.
27. Cattaneo MP, Sardi EML. Evolución de la calidad del agua de la cuenca Matanza-Riachuelo. Ciencia y Tecnología. 2013;1(13):251-78.
28. Murillo JM. Turbidez y sólidos en suspensión de las aguas de escorrentía susceptibles de ser utilizadas en la recarga artificial del acuífero granular profundo subyacente a la ciudad de San Luis de Potosí (México). Boletín Geológico y Minero. 2009;120(2):169-84.
29. Kirchner C. Control de los procesos de tratamiento del agua: Equipo básico para un laboratorio de aguas. 1979. p. 18.
30. Jimenez BE. La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada [Internet]. México: Noriega Limusa; 2005. 926 p. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=8MVxlyJGokIC&pg=PA208&dq=prueba+de+jarras&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjX4qSd-8vhAhVss1kKHdZsC5cQ6AEIjzAA#v=onepage&q=prueba+de+jarras&f=false>

31. OPS. Guías para la calidad del agua potable [Internet]. Washington DC. EUA: Servicio editorial de la Organización Panamericana de la Salud; 1988. 127 p. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=X9QgncMbnsYC&pg=PA60&dq=turbidez+del+agua&hl=es&sa=X&ved=0ahUKewjAjK3LufjdAhXClJAKHRXNB-IQ6AEIMTAC#v=onepage&q=turbidez+del+agua&f=false>
32. Rigola M. Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales. Barcelona, España: Marcombo;1990. 157 p.
33. Velasco F. Analizadores de proceso en línea: Introducción a sus técnicas analíticas. Madrid: Dias de Santos; 2015. 849 p.
34. Soriano A, Pancorbo F. Suministro Distribución y Evacuación Interior de Agua Sanitaria. Madrid: Marcombo; 2012.
35. Guzmán L, Villabona Á, Tejada C, García R. Reducción de la turbidez del agua usando coagulantes naturales: Una revisión. Actualidad & Divulgación Científica. 2013;16(1):253–62.
36. Pernitsky DJ, Edzwald JK. Selection of alum and polyaluminum coagulants: Principles and applications. Journal of Water Supply: Research and Technology - AQUA. 2006;55(2):121–41.
37. Cordeiro K, Bergamasco R, Sala E, Konradt L. Otimizacao dos tempos de mistura e decantacao no processo de coagulacao/floculacao da agua bruta por meio da Moringa oleifera Lam. Acta Scientiarum - Technology. 2008;30(2):193–8.
38. Orellana J. Características del agua potable. Ingeniería sanitaria. 2005. p. 1–7.
39. Lorenzo Y. Estado del arte del tratamiento de aguas por coagulación-floculación. ICIDCA Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar. 2006;40(2):10–7.
40. Lozano W. Calidad fisicoquímica del agua: Métodos simplificados para su muestreo y análisis. Bogotá; 2013.
41. Singley J. Revisión de la teoría de la coagulación del agua. 1972.
42. Torra A, Valero F, Bisbal J, Tous J. Policloruro de aluminio en el proceso de

- potabilización de aguas superficiales. Tecnología del agua. 1998;2(2).
43. Banchón C, Baquerizo R, Muñoz D, Zambrano L. Coagulación natural para la descontaminación de efluentes industriales. Enfoque UTE [Internet]. 2016;7(4):111–26. Disponible en: <http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/index.php/revista/article/view/118%0Ahttp://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/index.php/revista/article/download/118/124>
 44. Arboleda J. Teoría y práctica de la purificación del Agua. Acodal, editor. Colombia; 1992. 1–72 p.
 45. Gómez N. Remoción de materia orgánica por coagulación-floculación. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Departamento de Ingeniería Química; 2005.
 46. Aguirre SE, Piraneque N v, Cruz RK. Sustancias Naturales: Alternativa para el tratamiento de agua del río Magdalena en Palermo, Colombia. Información tecnológica. 2018;29(3):59–70.
 47. Glynn J, Heinky G. Ingeniería ambiental. México: Prentice Hall Hispanoamericana; 1999. 755 p.
 48. Weber W. Control de la calidad del agua: Procesos fisicoquímicos. Sevilla, España: Reverté, Editorial; 2003. 631 p.
 49. Stanley S, Baxter C, Zhang Q. Process Modeling and Control of Enhanced Coagulation [Internet]. Edmonton. Canadá: AWWA Research foundation and american water works association; 2000. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=p4NzflSubMYC&printsec=frontcover&hl=es>
 50. Duque M, Giraldo E, Martínez C, Gauthier A, Villa J. El uso de la lógica difusa para la potabilización del agua. Revista de Ingeniería. 2000;(12):31–5.
 51. Calvache W, Chavez M, Duran C, Guaña E, Imba A, Nazate W. Tratamiento de aguas: Tratamiento primario y parámetros hidráulicos. Revisión de la ciencia. 2002;2(1):67.
 52. Janna H. Effectiveness of Using Natural Materials as a Coagulant for Reduction of Water Turbidity in Water Treatment. World Journal of Engineering and Technology. 201-6;04(04):505–16.
 53. CEPIS. Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua.

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Organización Panamericana de la salud. 1973. 558 p.

54. AWWA AWWA. Operational Control of Coagulation and filtration processes [Internet]. Third edit. AWWA: USA; 2011. 224 p. Disponible en: <https://books.google.com.pe/>
55. Sainz J. Tecnologías para la sostenibilidad: Procesos y operaciones unitarias en depuración de aguas residuales [Internet]. Madrid: EOI F. 2007. 416 p. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=r9aK7UttDU8C&printsec=frontcover&hl=es>
56. Weber W. Control de la calidad del agua: procesos fisicoquímicos [Internet]. Barcelona: Reverté, Editorial; 2003. 645 p. Disponible en: <https://books.google.com.pe/>
57. Aguilar M, Sáez J, Llorens M, Soler A, Ortuño J. Tratamiento físico-químico de aguas residuales. Coagulación floculación [Internet]. Murcia; 2002. 151 p. Disponible en: <https://books.google.com.pe/B#v=onepage&q=coagulantes quimicos&f=false>
58. Ramírez H, Jaramillo J. Agentes naturales como alternativa para el tratamiento del agua. Revista Facultad de Ciencias Básicas. 2016;11(2):136.
59. Choque D, Choque Y, Solano A, Ramos B. Capacidad floculante de coagulantes naturales en el tratamiento de agua Capacity flocculant of natural coagulants in water treatment. Revista Tecnología Química. 2018;38(2):298-309.
60. Silva MJM, Paterniani JES, Francisco AR. Application of Moringa oleifera natural coagulant for clarification and disinfection of treated wastewater in wetlands and multistage filtration. African Journal of Agricultural Research. 2013;8(24):3102-6.
61. Delgadillo A, Gonzáles C, Prieto F, Villagómez J, Acevedo O. "Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación." Tropical and Subtropical Agroecosystems. 2008;14(2011):597-612.
62. Biason G, Gimenes L, Lima B, Gobbi G, Quesada H, Silva F. Influência do tempo de mistura lenta no uso combinado de polímeros naturais para o tratamento de água. Brazilian Journal of Food Research. 2017;8(3):1-11.

63. Léo P, Lima R, Paulo J, Duarte M. Estudio comparativo de sulfato de aluminio y semillas de Moringa oleifera para la depuración de aguas con baja turbiedad. *Información Tecnológica*. 2009;20(5):3-12.
64. Guzmán L, Taron A, Nuñez A. Polvo de a semilla Cassia fistula como coagulante natural en el tratamiento de agua cruda. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* [Internet]. 2015;13(2):123. Disponible en: <http://revistabiotecnologia.unicauca.edu.co/revista/index.php/biotecnologia/article/view/411>
65. Guzmán L, Villabona Á, Tejada C, García R. Reducción De La Turbidez Del Agua Usando Coagulantes Naturales: Una Revisión. *UDCA Actualidad & Divulgación Científica*. 2013;16(1):253-62.
66. Carvalho M, Konradt L, Bergamasco R, Sakaniva B, Granhen C. Os benefícios da utilização de coagulantes naturais para a obtenção de água potável. *Acta Scientiarum - Technology*. 2010;32(2):167-70.
67. Contreras KP, Aguas Y, Salcedo G, Olivero R, Mendoza GP. El Nopal (*Opuntia ficus-indica*) como coagulante natural complementario en la clarificación de agua. *Producción + Limpia* [Internet]. 2015;10(1):40-50. Disponible en: <http://repository.lasallista.edu.co:8080/ojs/index.php/pl/article/view/773>
68. Olivero R, Aguas Y, Mercado I, Casas D, Montes L. Utilización de la Tuna (*Opuntia ficus-indica*) como coagulante natural en la clarificación de aguas crudas. *AVANCES Investigación en Ingeniería* [Internet]. 2014;11(1):70-5. Disponible en: <http://www.unilibre.edu.co/revistaavances/avances-11/art7.pdf>
69. Torres L, De la Peña L, Gallegos J, Rodríguez MaD, Hernández F. Evaluación experimental del poder coagulante de extractos naturales empleados en la clarificación de aguas. *Memorias del XXXVIII Encuentro Nacional de la AMIDIQ*. 2017.
70. González Y, Fuentes L, Mendoza I, Caldera Y. *Opuntia ficus-indica* y *Opuntia wentiana*: estudio comparativo sobre su efectividad como coagulantes en la clarificación del agua. *Revista Tecnocientífica URU* [Internet]. 2015;(9):81-90. Disponible en: http://200.35.84.134/ojs-2.4.2/index.php/rtc/article/view/300/pdf_23
71. Jiménez A, Vargas M, Quirós N. Evaluación de la tuna (*Opuntia cochenillifera*) para la remoción del color en agua potable. *Tecnología en*

- Marcha. 2012;25(4):55–62.
72. Trujillo D, Duque L, Arcila J, Rincón A, Pacheco S, Herrera O. Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación/floculación usando almidón de plátano. *Revista ION*. 2014;27(1):17–34.
73. Tapia N, Mamani S, Rojas N, Yarango A. Estudio de la coagulación del sistema coloidal de $\text{Fe}(\text{OH})_3$ por acción de la goma de Tara. *Rev. Per. Quím. Ing. Quím.* 2010;13(2):104–8.
74. Guardián R, Coto J. Estudio preliminar del uso de la semilla de tamarindo (*Tamarindus indica*) en la coagulación floculación de aguas residuales. *Tecnología en marcha*. 2010;24:18–26.
75. Balanta D, Grande CD, Zuluaga F. Extracción, identificación y caracterización de quitosano del micelio de *Aspergillus niger* y sus aplicaciones como material bioadsorbente en el tratamiento de aguas. *Revista Iberoamericana de Polímeros*. 2010;11(5):297–316.
76. Mangrich AS, Doumer ME, Mallmann AS, Wolf CR. Química verde no tratamiento de aguas: Uso de coagulante derivado de tanino de *Acacia mearnsii*. *Revista Virtual de Química [Internet]*. 2014;6(1):2–15. Disponible en: <http://www.gnresearch.org/doi/10.5935/1984-6835.20140002>
77. Teutli M, Pérez M. Sludge Density Prediction in a Wastewater Chemical Coagulation Process. *Journal of Water Resource and Protection*. 2013;2013(July):1–4.
78. Ramamurthy C, Uma M, Selvaganabathy N. Evaluation of eco-friendly coagulant from *Trigonella foenum-graecum* seed. *Advances in Biological Chemistry*. 2012;02(01):58–63.
79. Campos J, de Souza M, Olmo L. Comparação da eficiencia de amido de diversas fontes naturais, quando empregado como auxiliar de floculação de aguas para abastecimiento. *Revista DAE*. 1984;44(137):144–9.
80. Tarón A, Guzmán L, Barros I. Evaluación de la *Cassia fistula* como coagulante natural en el tratamiento primario de aguas residuales. *ORINOQUIA*. 2017;21(1):73–8.
81. Villabona A, Paz I, Martínez J. Caracterización de la *Opuntia ficus-*

- indica para su uso como coagulante natural. Rev. Colomb. Biotecnol. 2013;15(1):137-44.
82. Ramachandran C, Peter K, Gopalakrishnan P. Drumstick (*Moringa oleifera*): A multipurpose Indian Vegetable. Economic Botany. 1980;34(3):276-83.
83. Liñan F. *Moringa oleifera* el árbol de la nutrición. Ciencia y Salud Virtual. 2010;2(1):130-8.
84. Paniagua A, Chora J. Elaboración de aceite de semillas de *Moringa oleifera* para diferentes usos. Revistas de Ciencias de la Salud. 2016;3(9):36-46.
85. Perez A, Sánchez T, Armengol N, Reyes F. Características y potencialidades de *Moringa oleifera*, Lamark. Una alternativa para la alimentación animal. Pastos y Forrajes [Internet]. 2010;33(4):1-10. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942010000400001#t4
86. Aho IM, Lagasi JE. A new water treatment system using *Moringa oleifera* seed. American Journal of Scientific and Industrial Research [Internet]. 2012;3(6):487-92. Disponible en: <http://w.all-llc.com/publicdownloads/ALLConsulting-WaterTreatmentOptionsReport.pdf>
87. Sutherland J, Folkard G. *Moringa Oleifera* as a natural coagulant. In: 20th WEDC Conference. Colombo. Sri Lanka; 1994. p. 297-9.
88. Campos J, Colina G, Fernández N, Torres G, Sulbarán B, Ojeda G. Caracterización del agente coagulante activo de las semillas de *M. oleifera* mediante HPLC. Research Gate. 2003;37(1):35-43.
89. Feria J, Bermúdez S, Estrada A. Eficiencia de la semilla *Moringa Oleífera* como coagulante natural para la remoción de la turbidez del río Sinú. Producción más Limpia. 2014;9(1):9-22.
90. Mas Y, Rubi M, Carrasquero S, Martínez D, Mejías D, Vargas L. Eficiencia de las semillas *Moringa oleifera* como coagulante orgánico en la remoción de metales en aguas de baja turbiedad. Revista Tecnocientífica URU. 2013;(5):27-37.
91. Arantes CC, Ribeiro TAP, Paterniani JES. Processamento de sementes de *Moringa oleifera* utilizando-se diferentes equipamentos para obtenção de solução coagulante. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.

2012;16(6):661-6.

92. Lo Monaco P, Texeira A, Andrade I, da Silva F, Panazzolo A. Utilización de extracto de semillas de moringa como agente coagulante en el tratamiento de agua para abastecimiento y aguas residuales. *Arquivos Brasileiros de Psicologia*. 2014;66(2):17-35.
93. Meza M, Riaños K, Mercado I, Oliverol R, Jurado M. Evaluación del poder coagulante del sulfato de aluminio y las semillas de *Moringa oleifera* en el proceso de clarificación del agua de la ciénaga de Malambo-Atlántico. 2018;17(2):95-103.
94. Sánchez Y, Martínez G, Sinagwa S, Vásquez J. *Moringa oleifera*; Importancia, Funcionalidad y Estudios Involucrados. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*. 2013;5(9):25-30.
95. Narayasamy S, Mohd H. Water Phytoremediation by Sedimentation Using *Moringa oleifera* Seed Powder to Remove Water Turbidity in Malaysia. *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*. 2014;(3):74-9.
96. Ali E, Muyibi S, Salleh H, Alam Z, Salleh M. Production of Natural Coagulant from *Moringa Oleifera* Seed for Application in Treatment of Low Turbidity Water. *Water Resource and Protection*. 2010;(March):259-66.
97. Menkiti MC, Nwoye CI, Onyechi CA, Onukwuli OD. Factorial Optimization and Kinetics of Coal Washery Effluent Coag-Flocculation by *Moringa Oleifera* Seed Biomass. *Advances in Chemical Engineering and Science*. 2011;1(3):125-32.
98. Hoyos AA, Medina JLH, Valencia AFC, Sánchez NE. Tratamiento de aguas residuales de una central de sacrificio: uso del polvo de la semilla de la *m. oleifera* como coagulante natural. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*. 2017;15(1):29-39.
99. Gómez F, Salazar L. Evaluación de la eficiencia de semilla de (*Moringa oleifera* Lam.) como coagulante natural en la ciudad de Pasto-Colombia. *Vitae*. 2016;23:708-12.