

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

**“Eficiencia de coagulantes naturales al reducir la turbidez del agua de río. Una revisión sistemática entre el 2009-2019”**

Trabajo de investigación para optar al grado de:

**Bachiller en Ingeniería Ambiental**

**Autor:**

Kare Mabel Aguirre Horna

**Asesor:**

M. Sc. Jessica M. Luján Rojas

Trujillo - Perú

2020

## DEDICATORIA

Este trabajo de investigación lo dedico a la mujer de mi vida, mi madre, quien es mi ejemplo a seguir, mi inspiración y fortaleza. Estuviste conmigo en los momentos más difíciles y siempre me motivaste para seguir adelante y a luchar por mis sueños, brindándome tus sabios consejos y llenando mi vida de mucho amor y buenos valores.

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios, por brindarme la oportunidad de obtener un grado académico en este periodo de mi vida universitaria, del cual me siento orgullosa y satisfecha.

En segundo lugar, a mi madre que ha sido mi pilar y mi ejemplo a seguir, brindándome su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, lo que soy y lo que tengo es gracias a ella.

En tercer lugar, a mis tías, ellas han sido parte de mi formación personal, sus consejos y apoyo han hecho de mí, una mujer fuerte, bondadosa, honesta, capaz de cumplir sus metas y sueños.

## Tabla de contenido

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>6</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>22</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>25</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. MATRIZ DE ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA.....	15
Tabla 2. MATRIZ DE REGISTRO DE ARTÍCULOS.....	16
Tabla 3. CACTERÍSTICA DE LOS ESTUDIOS .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 4. INDUCCIÓN DE CATEGORÍAS .....	20

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.Diagrama para la Estrategia de búsqueda .....	14
--	----

## RESUMEN

El agua es el recurso hídrico más importante para el desarrollo de la vida; por ello la presente investigación tiene como objetivo conocer la eficiencia de coagulantes naturales al reducir la turbidez del agua de río, a partir de la búsqueda de artículos científicos. Este trabajo se elaboró aplicando la metodología prisma, con el fin de recopilar información veraz, mediante buscadores confiables tales como; Scielo, Dialnet y Google Académico; los artículos encontrados deberán contener las variables de estudio, responder a la pregunta de investigación, encontrarse entre los años 2009 al 2019 y presentar la estructura IMRD; como resultados se obtuvo un total de 21 artículos, de los cuales 2 pertenecen a la base indexada de Google Académico, 6 a Scielo y 13 a Dialnet, también el 90,5% corresponden a artículos científicos, mientras el 9,5% son revisiones sistemáticas; por otro lado, el 19% son publicaciones de los años 2017 y 2018 y por último se evaluaron 3 categorías, tales como el proceso de coagulación, las ventajas sobre los coagulantes naturales y la capacidad de remoción de la turbidez; se concluyó que efectivamente los coagulantes naturales son eficientes en la reducción de la turbidez en agua de río.

**PALABRAS CLAVES:** Eficiencia, coagulantes naturales, turbidez.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El agua es el elemento fundamental para la vida, ocupando las tres cuartas partes de la corteza terrestre; pero solo un 2,5 % del total corresponde a agua dulce. Existen diferentes fuentes de abastecimiento; tales como, agua superficial, marítima y subterránea. En algunos casos para hacer posible su consumo, el agua tiene que someterse a un conjunto de procesos para su respectivo tratamiento y purificación, obteniendo así; el agua potable. Según la Organización Mundial de la Salud (2015) señala que: "De cada 10 personas que siguen sin acceder a fuentes mejoradas de agua potable, 8 viven en las zonas rurales; asimismo una de cada 10 personas (663 millones) carece de una fuente mejorada de agua potable" (p.4).

El aprovechamiento de los recursos vegetales como coagulantes naturales en los procesos de clarificación de agua para consumo humano, resulta ser una tecnología apropiada e impredecible en sectores vulnerables, ante las escasas condiciones económicas. Estos están al alcance de todos, siendo su fuente de producción la misma naturaleza. "Teniendo en cuenta que las plantas pueden cultivarse localmente, los coagulantes naturales a base de plantas resultarían ser más rentables que los productos químicos importados "(Barreto, Vargas, Ruiz y Gómez, 2019, p.107). Estos elementos permiten la remoción de ciertos materiales en suspensión, como limo, lodos y arcilla; por otro lado, "los coagulantes químicos tienen sus desventajas, como su alto costo, los efectos perjudiciales para la salud humana y la gran producción de lodos" (Dávila, Huamán, Flores, Polo y Araujo, 2018, p.301).



Según Fuentes, Contreras, Perozo, Mendoza y Villegas (2008) afirman que: “El agua cruda proveniente de fuentes naturales contiene partículas coloidales que generan turbidez debido a sedimentos y nutrientes, los cuales no precipitan fácilmente y deben ser removidos” (Como se citó en Sierra, Navarro, Mercado, Flórez y Jurado, 2019, p.132). La turbidez es uno de los parámetros fundamentales en el tratamiento del agua para el consumo humano; por ello se aplica un proceso para su disminución o eliminación. Este proceso incluye tres fases: la coagulación, en la cual se agregan sustancias para reducir la carga de los iones y aglutinar los sólidos en suspensión; la floculación, que consiste en la acumulación, por gravedad y filtrado, de partículas llamadas flóculos y finalmente la sedimentación, en la cual el uso de agentes químicos y/o biológicos retiran las pequeñas partículas portadoras de bacterias que generan el color y la turbiedad del agua (Aguirre, Piraneque y Cruz, 2018, p.60).

Según Choque D, Choque J, Solano y Ramos (2018) nos dicen que: “El agua potable debe presentar características de calidad, como libre de turbidez, de color y de sabor perceptibles” (p. 299). Por ello, Katayon, Noor, Kien, Halim, Thamer and Badronisa (2007) señalan que: “La remoción de la turbidez, color y materia orgánica natural es uno de los pasos más importantes en un proceso de tratamiento de agua, y se logra generalmente utilizando coagulantes” (Guzmán, Taron y Núñez, 2015, p. 124); lo cual permite que el recurso hídrico logre obtener sus características físico-químicas ideales para su posterior consumo.

Esta investigación tiene como objetivo conocer la eficiencia de coagulantes naturales al reducir la turbidez del agua de río, a partir de la búsqueda de artículos científicos; para ello se ha planteado como pregunta de investigación ¿Cuál es la eficiencia de coagulantes naturales al reducir la turbidez del agua de río, entre los años 2009-2019?; para poder responder se va analizar y comparar la capacidad de remoción de los diferentes coagulantes alternativos con el fin de evaluar el más eficiente y rentable.

Por lo tanto, siendo el agua el recurso hídrico más importante para el desarrollo de la vida y encontrándose muchas veces escasa como agua potable; es que se deben emplear proyectos innovadores, sostenibles, eficaces y económicos para tratar el agua contaminada de las diferentes fuentes de abastecimiento, por ejemplo, de los ríos, debido a que presentan contaminantes de origen animal, vegetal, bacterias, virus, hongos, entre otros. Al respecto Sanghi et al. (2006) afirma que: "Los coagulantes naturales de origen vegetal son biodegradables y económicos en países en desarrollo, ya que pueden ser cultivados localmente y tienen una gama amplia y eficaz de dosificación para la floculación de diversas suspensiones coloidales" (Como se citó en Feria, Bermúdez y Estrada, 2014, p.11).

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

Este trabajo se elaboró aplicando la metodología prisma, para la revisión sistemática de la literatura científica; con el fin de recopilar información viable con la veracidad correspondiente a través de buscadores confiables. Moreno, Muñoz, Cuellar, Domancic y Villanueva (2018) afirman que las revisiones sistemáticas son resúmenes claros y estructurados de la información disponible orientada a responder una pregunta específica. Dado que están constituidas por múltiples artículos y fuentes de información, representan el más alto nivel de evidencia dentro de la jerarquía de la evidencia. (p.184).

La información científica encontrada fue seleccionada según cinco criterios importantes en base a la pregunta , siendo los siguientes: palabras claves; “los coagulantes naturales y la turbidez”, “coagulantes naturales y el agua de río” y “coagulantes naturales o la turbidez”; donde cada artículo debe contar con al menos uno de estos conceptos para su inclusión; periodo de publicación, el cual debió encontrarse publicado entre los años 2009 y 2019; estatus de publicación, ya que los artículos deben estar publicados y validados por fuente de datos confiable (Scielo, Dialnet , Google Académico, etc); estos deben contener al menos una de las variables de revisión; y por último la estructura IMRD (introducción , metodología, resultados y discusión), por lo cual se han considerado artículos científicos y artículos de revisión.

Se recolectaron artículos de investigación científica y de revisión, en fuentes confiables para garantizar la fiabilidad de la información; por tal motivo se optó por plataformas que contengan artículos indexados, tales como Scielo, Dialnet, Google Académico obteniendo de estas fuentes un total de 84 artículos, de los cuales fueron seleccionados 21 artículos.

En el proceso de búsqueda de artículos se definieron como estrategias de búsqueda los siguientes términos a partir de la pregunta de investigación: "coagulantes naturales", "turbidez", "agua de río". Posteriormente para hacer factible la búsqueda se utilizó un protocolo para unir estas palabras claves a través de conectores, obteniendo lo siguiente: "los coagulantes naturales y la turbidez", "coagulantes naturales y el agua de río" y "coagulantes naturales o la turbidez". Asimismo, se utilizó una base de datos confiable, tales como Scielo, Dialnet y Google Académico para la respectiva búsqueda; también se detalló los diez años de antigüedad para dichos estudios; el idioma que se consideró fue el español e inglés; los tipos de estudio fueron: artículos científicos, tesis y artículos de revisión; y finalmente se tuvo en cuenta que se responda a la pregunta de investigación.

Durante la búsqueda de información, se encontraron muchos artículos y proyectos de investigación relacionados al tema, sin embargo; algunos de ellos a pesar de estar relacionado con el tema a investigar no se encontraban en el rango de tiempo establecido; asimismo se encontraron investigaciones que no contenían una relación entre las variables de estudio; algunos artículos no expresaban claridad en los resultados obtenidos; también algunos de ellos estaban redactados en un idioma diferente del inglés

y español; es por ello que se descartó estas investigaciones ya que no se encontraban dentro de los requisitos de búsqueda, aplicando estos criterios de descarte se excluyeron 23 artículos de los seleccionados.

Para registrar los datos se utilizó una matriz, la cual permitió organizar la información de cada artículo seleccionado. En este registro se utilizaron los siguientes campos: base de datos como Google Académico, Scielo y Dialnet; el título del trabajo de investigación; la universidad; definir si cuentan con el formato IMRD; el autor(es); el año de publicación, el cual debió estar dentro de los 10 años de antigüedad; el tipo de investigación (artículos científicos, tesis o artículos de revisión); el país en el cual se elaboró el estudio; los conceptos seleccionados; la estrategia de búsqueda (palabras claves); definir el descarte e inclusión y un breve resumen del objetivo, el método, los resultados y conclusiones.

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

En la búsqueda y recopilación de los artículos de investigación se siguió un diagrama de estrategias de búsqueda como se muestra en la Figura 1. La primera fase de la búsqueda arrojó un total de 84 artículos originales, distribuidos así: Scielo, 15 artículos; Dialnet, 29 artículos; y Google Académico, 40 artículos. Con ayuda del gestor EndNorte se eliminaron los artículos duplicados; los cual permitió obtener posteriormente 44 artículos originales, luego se aplicaron criterios de inclusión y exclusión, hasta obtener finalmente 21 artículos, los cuales han sido revisados y analizados para presentarlos en los resultados como se muestra en la Tabla 1.

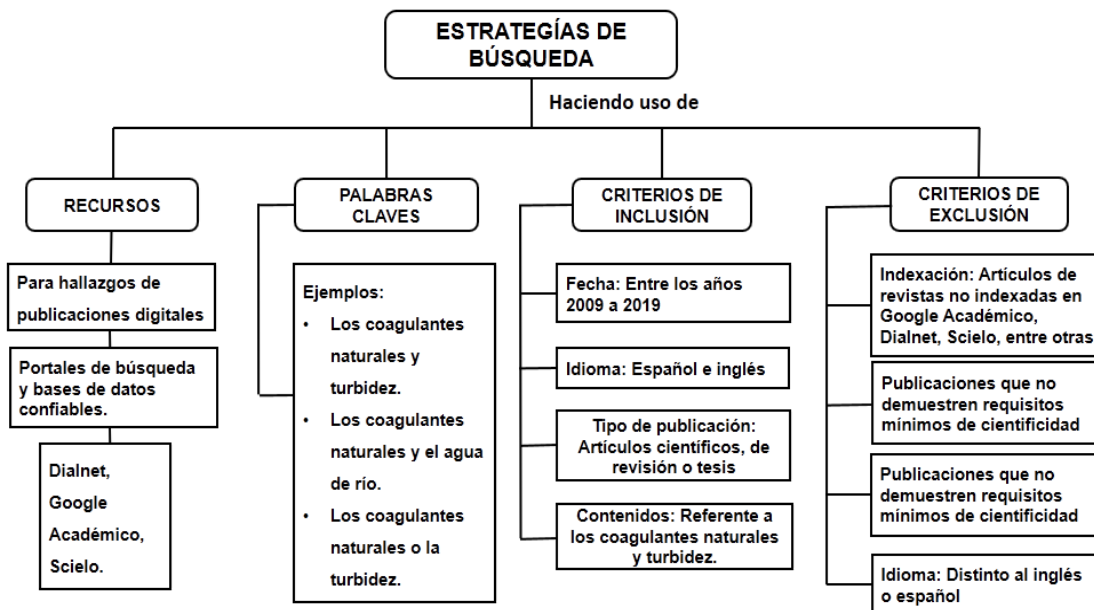


Figura 1. Diagrama para la Estrategia de búsqueda

Tabla 1

***MATRIZ DE ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA***

<b>Base de indexada</b>	<b>Estrategia de Búsqueda</b>	<b>Nº de artículos encontrados</b>	<b>Nº de artículos excluidos</b>	<b>Nº de artículos seleccionados</b>
Google Académico	Los coagulantes naturales y la turbidez	40	38	2
Scielo	Los coagulantes naturales y el agua de río	15	9	6
Dialnet	Los coagulantes naturales o la turbidez	29	15	13

*Nota:* Para la elaboración de esta matriz se introdujo las estrategias de búsqueda (palabras claves) en la base de datos indexada como Google Académico, Scielo y Dialnet, obteniendo la cantidad de 40, 15 y 29 artículos respectivamente, luego aplicando las técnicas de exclusión e inclusión se obtuvo finalmente 2, 6 y 13 artículos seleccionados respectivamente.

Para obtener los datos más relevantes de los 21 trabajos seleccionados se utilizó una matriz de registro de artículos, la cual permitió organizar la información de cada artículo. En este registro se utilizaron 4 campos importantes; tales como la base de datos, en este caso Google Académico, Scielo y Dialnet; el título del artículo de investigación; el autor o los autores y el año de publicación, tal como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2

**MATRIZ DE REGISTRO DE ARTÍCULOS**

<b>Nº</b>	<b>Base de datos</b>	<b>Autor/Autores</b>	<b>Año</b>	<b>Título de la Investigación</b>
1	Scielo	David Choque Quispe, Yudith Choque Quispe , Aydeé M. Solano Reynoso y Betsy S. Ramos Pacheco	2018	Capacidad floculante de coagulantes naturales en el tratamiento de agua
2	Scielo	Sonia E. Aguirre, Nelson V. Piraneque y Rosmery K. Cruz	2018	Sustancias Naturales: Alternativa para el Tratamiento de Agua del Río Magdalena en Palermo, Colombia
3	Scielo	Rafael Olivero Verbel , Alexy Florez Vergara, Luis Vega Fellizola y Glenda Villegas de Aguas	2017	Evaluación de una mezcla para coagulantes naturales, <i>Opuntia ficus</i> y <i>Moringa oleífera</i> en clarificación de aguas
4	Scielo	Daniela Trujillo, Luisa Fernanda Duque, Juan Sebastián Arcila, Alejandro Rincón, Sebastián Pacheco y Oscar Fernando Herrera.	2014	Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación/floculación usando almidón de plátano
5	Dialnet	Sebastián Barreto Pardo, Diana Karina Vargas Moncada ,Lida Ruiz Martínez y Sandra Liliana Gómez Ayala	2019	Evaluación de coagulantes naturales en la clarificación de aguas
6	Dialnet	Nancy Cristina Cabrera, Edenia Del Pilar Simancas Vásquez y Ariel Rafael Hernández Julio	2018	Ensayo de coagulantes naturales extraídos de <i>Ipomoea incarnata</i> y <i>Moringa oleífera</i> en la depuración de aguas residuales industriales en Cartagena de Indias



7	Dialnet	Sedolfo Carrasquero Ferrer, Stefany Montiel Flores, Emily Faría Perche, Paola Parra Ferrer, Julio Marín Leal y Altamira Díaz Montiel.	2017	Efectividad de Coagulantes Obtenidos de Residuos de Papa ( <i>Sonalum tuberosum</i> ) y Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> ) en la Clarificación de Aguas.
8	Dialnet	Joaquín Jiménez Antillón Maricruz Vargas Camareno Noemi Quirós Bustos	2012	Evaluación de la tuna ( <i>Opuntia cochenillifera</i> ) para la remoción del color en agua potable
9	Dialnet	Cesar Dávila Paredes, Martín Huamán Carranza, Judith Flores Albornoz, Rosario Polo Salazar y Nino Araujo Jamanca	2018	Efectividad de especies naturales como ayudantes de Coagulación, para la clarificación de aguas turbias en épocas de avenidas en caseríos y centros poblados de Huaraz y Callejón de Huaylas
10	Dialnet	Luis Guzmán C., Arnulfo Antonio Taron y Antonio Núñez M	2015	Polvo de la Semilla <i>Cassia fistula</i> como coagulante natural en el tratamiento de agua cruda
11	Google Académico	Luis Guzmán, Ángel Villabona, Candelaria Tejada y Rafael García	2013	Reducción de la turbidez del agua usando coagulantes naturales: Una revisión
12	Scielo	Arnulfo A. Tarón Dunoyer, Luis E. Guzmán Carrillo y Israel Barros Portnoy	2017	Evaluación de la <i>Cassia fistula</i> como coagulante natural en el tratamiento primario de aguas residuales
13	Google Académico	Rafael Enrique Olivero Verbel, Iván Darío Mercado Martínez Y Luz Elena Montes Gazabón	2013	Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando el mucílago del nopal <i>Opuntia ficus-indica</i>
14	Scielo	Carlos Banchón, Ricardo Baquerizo , Diego Muñoz y Leila Zambrano	2016	Coagulación natural para la descontaminación de efluentes industriales

15	Dialnet	Yim James Rodríguez Díaz; Guillermo Antonio De la Cruz Frías; Walner Enrique López Mena; Lineth Ricaurte Valdés y María Lucía Morales Gutiérrez	2017	Uso de un polímero natural ( <i>quitosano</i> ) como coagulante durante el tratamiento de agua para consumo
16	Dialnet	Jhon Jairo Feria Díaz, Sixto Bermúdez Roa y Ana María Estrada Tordecilla	2014	Eficiencia de la semilla <i>Moringa Oleífera</i> como coagulante natural para la remoción de la turbidez del río Sinú
17	Dialnet	Ángel Villabona Ortiz, Isabel Cristina Paz Astudillo y Jasser Martínez García	2013	Caracterización de la <i>Opuntia ficus-indica</i> para su uso como coagulante natural
18	Dialnet	Rafael Enrique Olivero Verbel , Yelitza del Rosario Aguas Mendoza , Iván Darío Mercado Martínez, Diana Paola Casas Camargo y Luz Elena Montes Gazabón	2014	Utilización de Tuna ( <i>opuntia ficus-indica</i> ) como coagulante natural en la clarificación de aguas crudas
19	Dialnet	Andrés Sierra Julio, Aarón Navarro Silva, Iván Mercado Martínez , Alex, Flórez Vergara y Mario Jurado Eraso	2019	Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando médula de banano como coagulante
20	Dialnet	Buenaño, B. , Vera, E. y Aldás, M.	2019	Study of coagulating/flocculating characteristics of organic polymers extracted from biowaste for water treatment
21	Dialnet	Mejía, P., Urquia, K, Cabello R. y Valdiviezo, L.	2020	Evaluación de la <i>Moringa oleifera</i> en el tratamiento de aguas con alta turbidez y carga orgánica

*Nota:* Esta matriz es un resumen del registro de información , solo se ha considerado los campos más importantes ; tales como la fuente, los autores , el año de publicación y el título del artículo.

En los 21 artículos seleccionados se procedió a la caracterización de estos, en los que se tuvo en cuenta el tipo de documento (artículo científico, tesis y artículo de revisión); asimismo el año de publicación, en este caso se obtuvo un rango de años entre el 2012 al 2020 y por último la naturaleza de la revista de publicación del artículo, que puede ser innovaciones o académicas; las cantidades y porcentaje como se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3

*CARACTERISTICAS DE LOS ESTUDIOS*

Tipo de documento	F	%	Año de publicación	F	%	Revistas de Publicidad de Artículo	F	%
Artículo Científico	19	90.5	2012	1	5	Innovaciones	2	10
Tesis	0	0	2013	3	14	Tecnológicas	4	19
Artículo de Revisión	2	9.5	2014	3	14	Académicas	15	71
			2015	1	5			
			2016	1	5			
			2017	4	19			
			2018	4	19			
			2019	3	14			
			2020	1	5			

*Nota:* En esta matriz se especifica que el 90.5% de los estudios encontrados corresponden a artículos científicos y que el 9.5% son artículos de revisión, los años en los que ha existido mayores publicaciones son el 2017 y 2018 con un 19%; asimismo se ha encontrado 3 revistas de innovación, 4 Tecnológicas y 15 Académicas, que representan el 10%, 19 % y 71% respectivamente.

Por otro lado, en el análisis de la literatura se logró obtener algunas ideas relevantes en el contenido de los 21 artículos ; para ello, se extrajo estas nociones de la introducción ,resultados, discusión y conclusiones; luego se aplicó las estrategias de relación entre los conceptos; después se utilizó criterio de relevancia para identificar y considerar si su aporte era importante para los resultados de la investigación y finalmente se agruparon dichos conceptos por categorías, las cuales se designaron a partir de la descripción de los contenidos y con ello se construyó la Matriz de Inducción de Categorías , como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 3

*INDUCCIÓN DE CATEGORÍAS*

Categorías	Aporte
Proceso de Coagulación	Permite la remoción de materiales en suspensión, como arcilla, limo y lodos, para ello se utiliza algún agente coagulante que elimine un porcentaje importante de las partículas en suspensión (Olivero, Florez, Vega y Villegas, 2017 , p.73) Consiste en añadir al agua productos denominados coagulantes, los cuales neutralizan los coloides y se combinan entre ellos para formar flóculos para ser eliminados por sedimentación(Carrasquero, Montiel, Faría, Parra, Marín y Díaz, 2017, p. 91) El proceso de coagulación/floculación es la técnica más usada en el mundo en el tratamiento de efluentes industriales(Mejía, Urquia, Cabello y Valdiviezo, 2020, p.120)
Ventajas sobre el uso de coagulantes naturales	Bajos requerimientos en la dosis del coagulante, volumen reducido en producción de lodo, reducido aumento en la carga iónica del agua tratada y economías en el costo entre 25-30%.(Guzmán, Villabona, Tejaday García, 2013, p. 260) Permite la desestabilización de especies coloidales y está ligado con propiedades electrocinéticas de los coloides como la represión de la doble capa eléctrica, lo cual genera la ruptura del equilibrio termodinámico (Banchón, Baquerizo, Muñoz y Zambrano, 2016, p.121)

Capacidad de  
Remoción de la  
turbidez

El almidón de plátano muestra capacidad de servir como coadyuvante de floculación (Trujillo, Duque, Arcila, Rincón, Pacheco y Herrera, 2014, p. 27).

Se destaca el potencial que presentan los coagulantes Ipomoea incarnata y Moringa oleífera para el tratamiento de aguas residuales a nivel industrial, debido a que el porcentaje de remoción de turbidez fue superior al 75% comparados con los resultados obtenidos por los coagulantes convencionales (Cabrera, Simancas y Hernández, 2018, p.98)

El polvo de la semilla de la C. fistula como un coagulante natural alternativo para el tratamiento primario de aguas residuales, el test de jarras confirma su poder coagulante encontrando que con una dosis de 160 mg/L de agente coagulante, se alcanzan valores mínimos para la turbidez de 30.25 NTU (Guzmán, Tarón y Núñez, 2015, p.77)

El quitosano es un coagulante eficaz para el tratamiento de agua para consumo humano con turbidez de 100 y 1500 NTU, dado que presenta resultados de remoción para turbidez que superan el 96 % (Rodríguez, De la Cruz, López, Ricaurte y Morales, 2017, p.31)

El material extraído de Opuntia ficus indica presenta una alta actividad como coagulante debido a su capacidad para remover 50% del color y 70% de turbidez de aguas crudas con alta turbidez inicial (Villabona, Paz y Martínez, 2013, p. 143)

---

*Nota:* A partir de los conceptos e ideas más resaltantes de cada autor y aplicando criterios de relación y significancia e importancia para el análisis del tema a investigar, se obtuvo estos aportes que debido a su agrupamiento se les asignó las dichas categorías.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La presente revisión sistemática trabajó con una matriz de recolección de datos, la cual permitió registrar 21 artículos científicos, los cuales respondieron a la pregunta de investigación, se encontraban en el rango de años (2009 al 2019); contenían las variables de estudio y tenían la estructura IMRD. Para la búsqueda y selección final de estos artículos se siguió un proceso que se explica en la Figura 1. Por otro lado, en la Tabla 1 se muestra los resultados de la búsqueda de información; se trabajó en las bases de datos de Scielo, Google Académico y Dialnet; obteniendo un resultado de 84 artículos, para ello se usó palabras claves; luego con ayuda del gestor EndNorte se eliminaron los artículos duplicados; lo cual permitió obtener posteriormente 44 artículos originales y finalmente se aplicaron criterios de inclusión y exclusión, hasta obtener finalmente 21.

En la tabla 2 se reporta el registro de los 21 artículos científicos seleccionados, en cuatro campos tales como: la base de datos, autor, el título y año de publicación; los cuales fueron incluidos de acuerdo a la metodología descrita anteriormente; así mismo en la tabla 3 se procedió a la caracterización de estos, en los que se tuvo en cuenta el tipo de documento (artículo científico, tesis y artículo de revisión); asimismo el año de publicación y por último la naturaleza de la revista de publicación del artículo, que puede ser innovaciones, tecnológicas y académicas.

En este trabajo también se observó una tendencia en las siguientes categorías: Proceso de coagulación, ventajas sobre el uso de coagulantes naturales y capacidad de remoción de la turbidez de las cuales se obtuvieron aportes invaluable.

Existen diversos tipos de coagulante, entre los que encontramos los coagulantes químicos y naturales; siendo que “la eficacia del coagulante químico está bien notada, pero no se pueden descartar los inconvenientes asociados con ella, como su alto costo, los efectos perjudiciales para la salud humana y la gran producción de lodos” (Dávila et al., 2018, p.301); mientras que, los “denominados biocoagulantes o coagulantes naturales son ciertamente seguros, amigables con el ambiente y libres de toxicidad (bajo condiciones adecuadas de uso). Sus compuestos vocativos son proteínas, polisacáridos, mucílagos, taninos y alcaloides” (Banchón, et al., 2016, p.114).

El proceso de coagulación según Olivero et al. (2017) es “la remoción de materiales en suspensión, como arcilla, limo y lodos, para ello se utiliza algún agente coagulante que elimine un porcentaje importante de las partículas en suspensión” (p.73); asimismo Aguirre et al., (2018) resalta que: “La clarificación del agua, entendida como el retiro de los materiales sólidos y coloidales, es fundamental en el proceso de potabilización del agua” (p.60).

Utilizando los coagulantes naturales se obtienen grandes ventajas tales como: “bajos requerimientos en la dosis del coagulante, volumen reducido en producción de lodo, reducido aumento en la carga iónica del agua tratada y economías en el costo entre 25-30%” (Guzmán et al., 2013, p. 260); asimismo (Tarón, Guzmán y Barros, 2017) señala que “estos coagulantes muestran ser biodegradables y se presume que son seguros para la salud humana; además producen lodos menos voluminosos en cantidad” (p.74) ambos autores nos manifiestan que usando coagulantes naturales se obtienen beneficios para la remoción de turbidez de agua.

Respondiendo al objetivo y a la pregunta formulada por la investigación, la revisión sistemática de la literatura, nos muestra que efectivamente existe una eficiencia en la reducción de la turbidez en agua de río. "Todos los extractos, de origen vegetal, ensayados y reportados por la literatura son eficientes en la remoción de turbidez del agua, comparados con el sulfato de aluminio" (Guzmán et al., 2013, p.260); además "existe la posibilidad de incluir los materiales vegetales utilizados, como opción alternativa en el tratamiento del agua, con lo que se brinda un beneficio a las comunidades aledañas a las fuentes hídricas que no presentan tratamiento previo a su consumo" (Aguirre et al., 2018, p.69).

Cabe mencionar que, durante la recopilación de información, se encontraron algunas limitaciones en cuanto al tema en estudio tales como: Muchos de los artículos se repetían en las diferentes bases de datos, haciendo dificultosa la búsqueda de información; también debido a la situación de emergencia que estamos atravesando no se pudo acceder a las publicaciones impresas; asimismo la exclusión de ciertos artículos, pues estos podrían haber complementado o ampliado los hallazgos.

Por otro lado, para realizar una revisión sistemática se sugiere las siguientes recomendaciones: Utilizar un registro de datos desde la extracción primaria, para evitar la repetición de ciertos artículos; asimismo mantener un registro de las decisiones que se van a tomar durante el proceso de revisión y por último debido a la pobre calidad de los resúmenes de algunas publicaciones, se deberían revisar también las conclusiones del artículo antes de seleccionarlos para los estudios primarios.



## REFERENCIAS

- Aguirre, S., Piraneque, N. y Cruz, R. (2018). Sustancias Naturales: Alternativa para el Tratamiento de Agua del Río Magdalena en Palermo, Colombia. *Información Tecnológica*, 29(3), 59-70. doi: 10.4067/S0718-07642018000300059
- Barreto, S., Vargas, D., Ruiz, L. y Gómez, S. (2019). Evaluación de coagulantes naturales en la clarificación de aguas. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 11(1), 105-116. doi: 10.22490/21456453.3081
- Banchón, C., Baquerizo, R., Muñoz, D. y Zambrano, L. (2016). Coagulación natural para la descontaminación de efluentes industriales. *Enfoque UTE*, 7(4), 111 – 126. Recuperado de [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1390-65422016000400111](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422016000400111)
- Buenaño, B. Vera, E. y Aldás, M. (2019). Study of coagulating/flocculating characteristics of organic polymers extracted from biowaste for water treatment. *INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN*, 39 (1), 24-35. doi: 10.15446/ing.investig.v39n1.69703
- Cabrera, N., Simancas, E. y Hernández, A. (2018). Ensayo de coagulantes naturales extraídos de *Ipomoea incarnata* y *Moringa oleífera* en la depuración de aguas residuales industriales en Cartagena de Indias. *Prospectiva*, 16(2), 94-99. doi: 10.15665/rp.v16i2.1434

Carrasquero, S., Montiel, S., Faría, E., Parra, P., Marín, L. y Díaz, A. (2017). Efectividad de Coagulantes Obtenidos de Residuos de Papa (*Sonalum tuberosum*) y Plátano (*Musa paradisiaca*) en la Clarificación de Aguas. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 13(2), 90-99. doi: 10.18359/rfcb.1941

Choque, D., Choque, J., Solano, A. y Ramos, B. (2018). Capacidad floculante de coagulantes naturales en el tratamiento de agua. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v38n2/rtq08218.pdf>

Dávila, C., Huamán, M., Flores, J., Polo, R. Araujo, N. (2018). Efectividad de especies naturales como ayudantes de Coagulación, para la clarificación de aguas turbias en épocas de avenidas en caseríos y centros poblados de Huaraz y Callejón de Huaylas. *Aporte Santiaguino*, 11 (2), 299-310. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7178710>

Feria, J., Bermúdez, B. y Estrada, A. (2014). Eficiencia de la semilla *Moringa oleífera* como coagulante natural para la remoción de la turbidez del río Sinú. *Producción + Limpia*, 9(1), 9-22. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5001920>

Guzmán, L., Villabona, A., Tejada, C. y García, R. (2013). Reducción de la turbidez del agua usando coagulantes naturales: Una revisión. *Ciencias exactas y naturales*, 16(1), 253- 262. Recuperado de <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/download/881/1036?inline=1>

- Guzmán, L., Taron, A. y Núñez, A. (2015). Polvo de la semilla *Cassia fistula* como coagulante natural en el tratamiento de agua cruda. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 13(2), 123-++129. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6117683>
- Jiménez, J., Vargas, M. y Quirós, N. (2012). Evaluación de la tuna (*Opuntia cochenillifera*) para la remoción del color en agua potable. *Tecnología en Marcha*, 25(4), 55-62. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4835667>
- Moreno, B., Muñoz, M., Cuellar, J., Domancic, S. y Villanueva, J. (2018). Revisiones Sistemáticas: definición y nociones básicas. *Periodoncia Implanto*, 11(3), 184-186. Recuperado de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/piro/v11n3/0719-0107-piro-11-03-184.pdf>
- Mejía, P., Urquía, K., Cabello, R. y Valdiviezo, L. (2020). Evaluación de la *Moringa oleifera* en el tratamiento de aguas con alta turbidez y carga orgánica. *Ingeniería del agua*, 24(2), 119-127. doi: 10.4995/Ia.2020.12274
- Olivero, R., Florez, A., Vega, L. y Villegas, G. (2017). Evaluación de una mezcla para coagulantes naturales, *Opuntia ficus* y *Moringa oleifera* en clarificación de aguas. *Producción + Limpia*, 12(2), 71-79. doi: 10.22507/pml.v12n1a6
- Olivero, R., Mercado, I. y Montes, L. (2013). Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando el mucílago del nopal *Opuntia ficus-indica*. *Producción + Limpia*, 8(1), 19-27. Recuperado de <http://repository.lasallista.edu.co:8080/ojs/index.php/pl/article/view/437>

- Olivero, R., Aguas, Y., Mercado, I., Casas, D. y Montes, L. (2014). Utilización de Tuna (*opuntia ficus-indica*) como coagulante natural en la clarificación de aguas crudas. *AVANCES Investigación en Ingeniería*, 11(1), 70-75. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6684755>
- Organización Mundial de la Salud. (2015). Progresos en materia de saneamiento y agua potable: informe de actualización 2015 y evaluación del ODM. Recuperado de [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/204485/9789243509143\\_spa.pdf?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/204485/9789243509143_spa.pdf?sequence=1)
- Rodríguez, Y., De la Cruz, G., López, W., Ricaurte, L. y Morales, M. (2017). Uso de un polímero natural (*quitosano*) como coagulante durante el tratamiento de agua para consumo. *Universidad Libre-Barranquilla*, 11(19), 25-32. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5662381>
- Sierra, A., Navarro, A., Mercado, I., Flórez, A. y Jurado, M. (2019). Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando médula de banano como coagulante. *Revista UIS Ingenierías*, 18(4), 131-138. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7152680>
- Tarón, A., Guzmán, L. y Barros, I. (2017). Evaluación de la *Cassia fistula* como coagulante natural en el tratamiento primario de aguas residuales. *ORINOQUIA*, 21(1), 73-78. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v21n1/0121-3709-rori-21-01-00073.pdf>

Trujillo, D., Duque, L., Arcila, J., Rincón, A., Pacheco, S. y Herrera, O. (2014).

Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación/floculación usando almidón de plátano. *Revista Ion*, 27(1), 17-34.

Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rion/v27n1/v27n1a03.pdf>

Villabona, A., Paz, I. y Martínez, J. (2013). Caracterización de la *Opuntia ficus-indica*

para su uso como coagulante natural. *Revista Colombiana Biotecnología*, 15(1),

137-144.

Recuperado

de

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4776461>