



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Revisión sistemática de la utilización de coagulantes naturales para la  
clarificación de aguas superficiales y residuales**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
**Ingeniero Ambiental**

**AUTORES:**

Mallqui Briceño, Yaneli Mariley (ORCID: 0000-0002-1514-2859)

Mendoza Minchola, Jhon Luis (ORCID: 0000-0002-0513-7642)

**ASESOR:**

Dr. Quezada Álvarez, Medardo Alberto (ORCID: 0000-0002-0215-5175)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

TRUJILLO - PERÚ

2021

## **Dedicatoria**

La siguiente tesis está dedicada en primer instancia a Dios quién supo guiarnos durante nuestra carrera y así superarnos en cada curso, acumular conocimientos y brindarnos salud en todo momento.

A nuestros padres por su amor, enseñanzas, valores y apoyo incondicional tanto económico como emocional; puesto que ellos representan nuestra principal fuente de motivación para formarnos personal y profesionalmente, cumplir con cada una de nuestras metas y encaminarnos hacia un porvenir exitoso.

Atte: Yaneli Mallqui y Jhon Mendoza

## **Agradecimiento**

Al culminar esta etapa de nuestra vida, queremos agradecer profundamente a Dios por permitirnos gozar de buena salud, a toda nuestra familia por ser principio de soporte y estímulo para salir adelante y consumir nuestros sueños.

Agradecemos a nuestra alma mater (Universidad César Vallejo), a la escuela de Ingeniería Ambiental por brindarnos instrucciones académicas, a nuestros docentes en general por compartir sus conocimientos durante toda nuestra etapa universitaria y a nuestros compañeros por apoyarnos en cada curso.

Por último, la gratitud sincera a nuestro asesor de tesis Dr. Medardo Quezada Álvarez por guiarnos durante la elaboración de nuestro proyecto y desarrollo de tesis, y así llevar a cabo la etapa más importante de nuestra formación profesional.

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	11
3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización.....	11
3.3. Escenario de estudio.....	12
3.4. Participantes .....	12
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de información .....	13
3.6. Procedimiento .....	13
3.7. Rigor científico.....	13
3.8. Método de análisis de datos.....	13
3.9. Aspectos éticos .....	14
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	15
V. CONCLUSIONES .....	37
VI. RECOMENDACIONES.....	38
REFERENCIAS.....	39
ANEXOS .....	53

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Utilización de coagulantes naturales para la clarificación de aguas.....	<b>15</b>
<b>Tabla 2.</b> Características fisicoquímicas de las aguas superficiales y residuales.....	<b>22</b>
<b>Tabla 3.</b> Fuentes orgánicas utilizadas en el desarrollo de coagulantes naturales....	<b>27</b>
<b>Tabla 4.</b> Condiciones operacionales para el uso de coagulantes naturales.....	<b>32</b>

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Tipo de coagulante según los artículos revisados.....	18
<b>Figura 2.</b> Remoción de turbidez según los artículos revisados.....	19
<b>Figura 3.</b> Tipo de agua según los artículos revisados. ....	24
<b>Figura 4.</b> Agente coagulante según los artículos revisados. ....	30
<b>Figura 5.</b> Velocidad de mezcla mínima y máxima según los artículos revisados.	35

## Resumen

El presente trabajo de investigación se tuvo como objetivo describir la utilización de coagulantes naturales para la clarificación de aguas superficiales y residuales. La metodología que se empleó para lograrlo fue: de tipo básica y revisión sistemática bibliográfica, el diseño de investigación fue dado por la teoría fundamentada y a la vez fue de nivel descriptivo. Los resultados que se consiguieron fueron distinguir especies como la *Moringa oleifera* que resultó como el coagulante mayor utilizado, que prevalecen mayoritariamente las especies de tipo vegetal, que la mayoría de los autores realizó el tratamiento de aguas residuales y por último que el agente coagulante que predomina fue la proteína. De esta manera se llegó a la conclusión que la revisión sistemática sobre la utilización de coagulantes naturales para la clarificación de aguas superficiales y residuales ha demostrado que es un tratamiento de remediación novedoso que permite aprovechar las especies naturales para mejorar los procesos hacia un enfoque económicamente viable y ambientalmente sostenible.

**Palabras clave:** Coagulantes naturales, aguas superficiales, aguas residuales, clarificación.

## **Abstract**

The objective of this research work was to describe the use of natural coagulants for the clarification of surface and waste waters. The methodology used to achieve this was: basic type and systematic bibliographic review, the research design was given by grounded theory and at the same time was descriptive. The results that were achieved were to distinguish species such as *Moringa oleifera*, which resulted as the largest coagulant used, which were mainly plant-type species, which most of the authors carried out the treatment of wastewater and, lastly, the predominant coagulant agent. it was protein. In this way, it was concluded that the systematic review on the use of natural coagulants for the clarification of surface and waste waters has shown that it is a novel remediation treatment that allows taking advantage of natural species to improve processes towards an economically viable approach and environmentally sustainable.

**Keywords:** Natural coagulants, surface water, waste water, clarification.



## I. INTRODUCCIÓN

En el modelo actual de desarrollo, la población conlleva una cultura de consumo excesivo del recurso hídrico que no considera los riesgos ambientales asociados a la generación de aguas residuales en el manejo, control y cambio de activos dentro de la generación de productos y servicios (Fúneque y Yate, 2018, p. 4), de tal manera una disposición de estos efluentes sin tratamiento en corrientes superficiales como lagos, ríos y océanos, causan contaminación que afecta tanto a la vegetación y la fauna, como a la salud humana; de hecho representan un foco de infección por contener una variedad de sustancias orgánicas e inorgánicas, elementos biológicos, compuestos inorgánicos tóxicos y metales pesados (Kumar et al, 2017, p. 6).

Asimismo, también asumieron que los diversos cuerpos de agua se contaminan por el empleo inadecuado de herbicidas, pesticidas, fertilizantes, estiércol de animales, eliminación inadecuada de la basura; problemática que ha influido de manera significativa en muchos sectores de la población (Lara et al, 2016, p. 1293). Otra de las consecuencias que se encuentran asociadas a la polución de los recursos acuáticos es el vertimiento de aguas servidas a causa de las actividades productivas como la ganadería, agricultura, la extractiva y textilera asimismo por la presión de empresas e instituciones como la minería, industria, los hospitales (Cusiche y Miranda, 2019, p.1433) y también debido a las actividades urbanas en el desarrollo de la vida humana.

De esta manera, ambos problemas impactan en las propiedades del agua y la salud de las personas, pues en muchos países, especialmente en los que se encuentran en pleno desarrollo, el recurso hídrico potable no es deseable debido a la nula calidad que presenta, lo cual ha provocado varias enfermedades (Li y Wu, 2019, p. 74). En diversas regiones del Perú, el recurso hídrico cada vez presenta mayor escasez, según estudios elaborados por el INEI, en el 2018 se estima que el 28.1% de la población de la zona rural no tiene acceso al agua y de igual manera con el 5.6% de la ciudad. Esto constituye un serio problema, porque con el transcurrir del tiempo, este recurso tan indispensable empezaría a faltar en grandes cantidades (Ríos-Tobón, et

al, 2017, p. 5), pues el aumento de industrias son los principales responsables del consumo a grandes escalas (Maldonado, 2019, p.14), asimismo son causantes de la generación de elevadas cantidades de aguas residuales.

Para hacer frente a las necesidades urgentes, se hace necesario contar con medidas correctivas que permitan que la población cuente con aguas aptas para el consumo humano (Rivera, 2015, párr. 5), mediante tratamientos para la clarificación a fin de ser idóneas para la salud, así esta revisión se enfocó en el proceso de coagulación con fuentes naturales como uno de los métodos más fiables y ampliamente utilizado en los sistemas de tratamiento de aguas superficiales y residuales porque desempeña un papel esencial en la desestabilización de partículas coloidales, acelerando y agrupando sólidos en suspensión para favorecer la extracción en formas de flóculos (masa de materia coagulada), de esa manera se logra evacuar a la gran mayoría de coloides presentes en el recurso hídrico.

Además, por intermedio de este proceso se consigue reducir los parámetros de turbidez, color y en mínimas medidas a la materia orgánica que se relacionan con la supresión de degradaciones que se encuentran dispersas, estabilizadas y cargadas negativamente a niveles de pH comunes, por consiguiente el motivo que indujo a realizar la investigación se justificó desde las perspectivas de la sostenibilidad respecto a la parte ambiental, puesto que los resultados de la revisión determinaron que tan eficiente es usar este tipo de coagulantes para la clarificación de aguas superficiales y residuales, verificando que la desestabilización de coloides en suspensión orgánicos e inorgánicos, junto con algunas de las sustancias disueltas, funcionaron adecuadamente para ser eficazmente removidos del cuerpo de agua durante el transcurso de coagulación/floculación (Vigneswaran et al, 2020, p. 8).

En cuanto a la parte social, la investigación fue de gran interés, porque la reducción de ciertos parámetros fisicoquímicos mediante coagulantes naturales es una medida preventiva frente al consumo de aguas y alimentos que pudieron ingresar al sistema digestivo humano estando en un alto grado de contaminación, de esa manera se evitarían múltiples problemas de salud en la población (Sharma et al, 2015, p. 15).

Como último punto destaca la perspectiva económica, y se justificó en la reducción de costos, pues los procesos de coagulación con materias primas naturales generan gastos muy inferiores en el tratamiento del agua con respecto a los habituales coagulantes sintéticos, además existe facilidad de acceso a ellos. También se recalca la elevada eficiencia que posee frente a fluidos con mínima turbidez, al mismo tiempo no son tóxicos por ser biodegradables y permiten ser consumidos por el ser humano sin generar efectos en su salud. (Fuentes et al, 2016, p. 43).

En base a lo que se ha descrito anteriormente se manifestó el siguiente problema de investigación: ¿De qué manera se utilizaron los coagulantes naturales para la clarificación de aguas superficiales y residuales?, siendo los problemas específicos: ¿Qué características fisicoquímicas presentaron las aguas superficiales y residuales?, ¿Cuáles fueron las fuentes orgánicas utilizadas en el desarrollo de coagulantes naturales para la clarificación de aguas superficiales y residuales? y ¿Cuáles fueron las condiciones operacionales para el uso de coagulantes naturales para la clarificación de aguas superficiales y residuales?

El objetivo de esta investigación fue: Describir la utilización de coagulantes naturales para la clarificación de aguas superficiales y residuales. Ello se logró apoyándose en los siguientes objetivos específicos: describir las características fisicoquímicas de las aguas superficiales y residuales, identificar las fuentes orgánicas utilizadas en el desarrollo de coagulantes naturales para clarificar aguas superficiales y residuales, y describir las condiciones operacionales para el uso de coagulantes naturales en la clarificación de aguas superficiales y residuales.

## II. MARCO TEÓRICO

La clarificación de agua mediante la coagulación permite la obtención de indicadores de turbidez, color y sabor perceptibles en condiciones aceptables según los estándares de calidad ambiental de agua, así como otros parámetros fisicoquímicos y biológicos también moderados en esta normativa, para ello se utilizan insumos como coagulantes sintéticos cuya dosificación mayormente es elevada, causando mayor cantidad de sedimentos y lodos con altos costos de eliminación, revirtiendo los resultados de su finalidad hasta convertir las aguas en turbias. En consecuencia, se han estudiado ampliamente alternativas de clarificación de agua con coagulantes de vegetales naturales debido a su amigabilidad con el ambiente para la gestión de las aguas superficiales y residuales.

Así para empezar a dar fundamento a la presente investigación se tendrá en cuenta los siguientes trabajos previos:

Ang y Mohammad (2020), realizaron una revisión para ampliar el potencial de utilización de coagulantes naturales, destacando la compatibilidad de coagulantes comunes con otros avances de tratamiento integrado/híbrido, la alteración de coagulantes para progresar en la competencia, la mejora de los enfoques de extracción y descontaminación para la pureza de agua. Así concluyen que los biocoagulantes tienen capacidad efectiva en la eliminación de impurezas, especialmente con las partículas coloidales y sólidos en suspensión, sin embargo, su aplicación generalizada en la industria del agua está todavía lejos de la realidad, y la aceptación de coagulantes naturales sobre los coagulantes convencionales es todavía baja. Por lo tanto, recomiendan que se debe hacer hincapié en los esfuerzos para aumentar la confianza de la empresa de abastecimiento de agua mostrando la gran facultad de los coagulantes naturales para apartar con garantía la mayoría de impurezas del agua.

Dayarathne et al (2021), proporcionó una visión general de los coagulantes naturales más ampliamente estudiados como duales y alternativos, igualmente

investiga los efectos de parámetros operativos tales como temperatura, dosis de coagulantes, pH, uso de sales inorgánicas, coagulantes poliméricos inorgánicos y polielectrolitos orgánicos en términos de neutralización de carga, adsorción de polímeros y puentes poliméricos, mediante la revisión sistemática que identificó microalgas como *Scenedesmus obliquus*, microorganismos como *Azotobacter vinelandii* y *Pseudomonas aeruginosa* para obtener alginato, semillas en polvo de *Moringa oleifera* y *Gazuma ulmifolia* y de origen animal como conchas trituradas de cangrejos y caracoles. Por lo que concluye que existe una gran demanda de soluciones no tóxicas muy eficaces para tratar las aguas residuales y aguas duras contaminadas con materia orgánica, y potabilizar las aguas captadas para consumo humano.

Mientras que nacionalmente Ynofuente y Condori (2020), identificaron los coagulantes naturales empleados como opciones para disminuir la turbidez en el tratamiento del agua para consumo poblacional mediante la revisión de 20 exámenes de estudios experimentales, obteniendo como resultado que la mayoría utilizaron *Moringa oleifera*, *Chitosan* y *Opuntia ficus indica*, los cuales tienen efectividad de remoción de 90-100%, 99.9% y 98-99.8% respectivamente. Finalmente, concluyeron que estos coagulantes comunes no crean impactos dañinos al medio ambiente y son efectivos en términos de expulsión de la turbidez debido a su naturaleza orgánica, además los residuos como los lodos creados dentro del tratamiento de agua son biodegradables.

Canaza y Mamani (2020), reconocieron coagulantes de origen natural y su efectividad para la expulsión de turbidez del agua, a través de la observación indirecta de estudios experimentales, considerando el tipo de coagulante de acuerdo a su fisiología, su productividad en tasas de turbidez y expulsión de color, además de la determinación de dosis ideal mediante la prueba de jarras y la producción del coagulante, resultando 17 artículos analizados, de los cuales se distinguieron 6 coagulantes naturales como: *Opuntia ficus-indica*, *Aloe vera*, *Moringa oleifera*, *Tamarindus indica* y *Caesalpinia spinosa* y el otro agente que proviene de un animal,

*Chitosán* (Quitosano), siendo más eficientes aquellos a base de *Moringa oleifera* en comparación con los otros coagulantes identificados.

Fernández (2021), investigó la dosificación óptima en métodos de coagulación y floculación mediante una revisión sistemática con una ecuación de búsqueda, mostrando 102 resultados científicos. Como consecuencia de la investigación se encontró una relación directa entre las formas de coagulación-floculación y la dosificación adecuada de coagulantes, por lo que se propuso que progresivamente se lleve a cabo un registro de los diferentes tipos de formas, características y/o reactivos químicos, y cursos de acción.

A partir de las últimas consideraciones, es necesario puntualizar el marco de referencia conceptual sobre la clarificación de agua que en primera instancia abarca un proceso de coagulación, en la que se incluyen compuestos para disminuir la carga de las partículas coloidales y agrupar los sólidos suspendidos que se muestran dentro de los cuerpos de agua, luego se desarrolla el proceso de la floculación que comprende la acumulación de partículas llamadas flóculos, las cuales, por gravedad y filtración facilitan la sedimentación de las partículas que portan microbios, los cuales generan el color y la turbidez en el agua (Aguirre et al, 2018, p. 60).

Esta revisión se enfoca en el proceso de coagulación como uno de métodos fiables y ampliamente utilizado en los sistemas de tratamiento del recurso hídrico porque desempeña un papel esencial para lograr la desestabilización de los coloides, acelerando y recolectando los sólidos en suspensión, con la finalidad de reducir la turbidez, color y, en menor grado a la materia orgánica, las cuales están cargadas negativamente en niveles de pH característicos y han formado una dispersión estabilizada (Nath et al, 2020, p.100), pues casi todas las impurezas coloidales en aguas naturales están cargadas negativamente.

Así de acuerdo con la teoría de la coagulación y floculación, la desestabilización coloidal se puede lograr mediante la adición de cationes que interactúan específicamente con los coloides negativos y reducen o neutralizan su carga. De esta

manera la turbidez se presenta principalmente por el vertimiento de efluentes industriales y municipales, lo cual supone una amenaza masiva para el ciclo del agua, así como para la seguridad medioambiental, pues reduce la transmisión de luz, la fotosíntesis y la dinámica del oxígeno disuelto en cuerpos de aguas de manera superficial como ríos y lagos; esto sucede a causa de la expansión de sólidos suspendidos como arcilla, barro, minerales, partículas orgánicas e hidrosolubles (Momeni et al, 2018, p. 347).

Del mismo modo, el exceso de turbidez en el agua causa branquias ahogadas de peces y degrada su capacidad para identificar el alimento, pues cuando las partículas coloidales dispersan la turbidez, provoca diversos efectos indeseados en la calidad del agua, como el color y el olor (Vigneswaran et al, 2020, p. 132). La turbidez es un impedimento para la idoneidad del proceso de desinfección, porque las partículas en suspensión influyen en sabores y olores desagradables, por lo tanto, el agua potable debe estar libre de ellas. Para ello la cloración es la medida preventiva más eficaz que ha marcado control significativo sobre el predominio de la contaminación microbiana en el agua potable (Kazi y Virupaksha, 2015, p. 6), pero la formación de cancerígenos subproductos de desinfección ha surgido como una inesperada consecuencia en agua clorada (Priya et al, 2018, p.1).

El color se condiciona por la presencia de partículas coloidales que poseen en su mayor parte cargas eléctricas negativas en su superficie formados por grupos funcionales de carboxilo ( $\text{RCOO}^-$ ) e hidroxilo ( $\text{OH}^-$ ), con tamaños superiores a  $10^{-6}$  micras cuya densidad es cercana a la del agua con diámetros lo suficientemente pequeños como para que la gravedad no pueda asentarlos y permanezcan suspendidos, así pueden ser no solo minerales como arena o arcilla, sino también materia orgánica resultantes de la putrefacción de flora y fauna, y microorganismos como algas, plancton, bacterias y virus (Gherna Out et al, 2012 citado en Feria et al, 2020, p. 107 ), los cuales además de crear una apariencia desagradable para el agua, condicionan un refugio seguro para la resistencia de los microorganismos contra la desinfección (Momeni et al, 2018, p. 347).

Estos son sólidos suspendidos que crean una barrera repelente entre sí, lo que imposibilita su aglomeración y la formación de partículas de mayor tamaño que pueden sedimentar sencillamente. Del mismo modo, la materia orgánica natural, que no es fácilmente eliminada mediante el proceso de coagulación (Kumar et al, 2017, p. 4), afecta las propiedades organolépticas del agua y provoca ensuciamiento de la membrana, además puede actuar en el abastecimiento de energía para los microbios en los sistemas de distribución (García et al, 2019, p. 1).

Asimismo, la materia orgánica natural conduce a la formación de subproductos de desinfección no deseados a través de su interacción con el cloro, los cuales son considerados potencialmente cancerígenos, mutagénicos y capaces de bioacumularse en cadenas tróficas (Andreola et al, 2019, p. 1390). Por lo que es necesario encontrar los métodos sostenibles para la eliminación de la turbidez que a su vez condiciona la eliminación de color y materia orgánica en los recursos hídricos.

Por otro lado, el tratamiento de aguas residuales resulta esencial para garantizar la disponibilidad del recurso hídrico, pues con una población cada vez más rica y creciente, el consumo excesivo y el desperdicio se han convertido rápidamente en un problema importante en los países desarrollados. Específicamente el contaminante líquido residual alberga un conjunto de impurezas como material suspendido, partículas coloradas, materia orgánica, microorganismos, minerales, gases disueltos y más, los cuales modifican las características de los cuerpos de aguas superficiales impidiendo posteriores suministros necesarios en otras utilidades (Cabrera, 2017, p. 109). En este contexto, la finalidad de los coagulantes es retirar el color, DQO y turbidez de las aguas residuales y otros compuestos solubles, en su mayoría inorgánicos que se mencionaron anteriormente y están presentes en diferentes concentraciones.

En general, los coagulantes comúnmente son empleados en la industria del tratamiento de agua, los cuales están compuestos por sustancias inorgánicas como el sulfato de aluminio y sulfato férrico, pues presentan una impresionante capacidad para la desestabilización de las cargas electronegativas de las partículas. Así, cuando estos



interactúan con el recurso hídrico (Sillanpää et al, 2018,p. 4; Ortega et al, 2020, p.6), se produce varios mecanismos de respuesta como la afinidad de los iones, que luego son adheridos a una capa doble para finalmente ser comprimidos; adicionalmente cuando las cargas negativas de los coloides son neutralizadas y adsorbidas se generan interacciones electrostáticas intuitivas entre el metal coagulante y los sólidos en suspensión (Bolto y Gregory, 2007, p 14; Ortega, et al, 2020, p. 6).

No obstante, los coagulantes inorgánicos liberan metálicos residuales y monómeros en cuerpos de agua, produciendo no solo graves riesgos para la salud pública, sino también impactos tanto económicos (debido a la dosis elevada que aumenta el costo de aplicación) como ambientales (por la generación de lodos residuales que son complicados de tratar), entonces claramente reducen la eficiencia de la clarificación del recurso hídrico y la salvaguardia de los ecosistemas. En este contexto, los coagulantes polímeros extraídos de bacterias, animales y especies vegetales se posicionan como métodos más adecuados para el tratamiento del agua.

Los coagulantes de la naturaleza son macromoléculas compuestas por unidades opacas de monómeros y poseen una capacidad para promover una desestabilización de partículas en cualquier líquido (Sillanpää et al, 2018 citado por Ortega et al, 2020, p.7). Estos polímeros comunes, se clasifican como catiónicos, aniónicos y no iónicos (Bolto y Gregory, 2007 citado por Ortega et al, 2020, p. 7). Se han encontrado una cantidad sustancial de ventajas al emplear bio coagulantes para la sustracción de turbidez de aguas contaminadas tanto en menores como mayores escalas, al mismo tiempo no son tóxicos y los recursos son biodegradables, los cuales pueden ser consumidos por el ser humano (Esquivel, 2004 citado por Fuentes et a., 2016, p. 43).

Los coagulantes son polímeros con iones positivos que atraparán la carga negativa de la materia orgánica en el agua que causa turbidez, los cuales pueden ser inorgánicos y orgánicos. Los primeros incluyen metales a base de aluminio (cloruro de aluminio, aluminato de sodio, sulfato de aluminio) y metales a base de hierro (sulfato férrico, cloruro férrico, sulfato ferroso) que reemplazan moléculas de agua por iones

OH<sup>-</sup> - para formar hidróxido de aluminio (Al(OH)<sub>3</sub>) e hidróxido de hierro (Fe(OH)<sub>2</sub>) solubles, lo que aumenta el rendimiento de la coagulación debido a que los iones trivalentes se adsorben fuertemente en la superficie negativa de los coloides. En cambio, los coagulantes orgánicos son generalmente monómeros sintetizados de coagulantes a base de aluminio y hierro (Kweiyor y Rathilal, 2019, p.9).

Estos incluyen los polímeros de carga o iónicos y los polímeros sin carga o no iónicos, con respecto a los polímeros de carga, son los que tienen una carga positiva se denominan polímeros catiónicos, mientras que los que tienen cargas negativas se denominan polímeros aniónicos. Así los polímeros orgánicos, en general, se clasifican como polímeros naturales y sintéticos, los primeros son compuestos hidrófilos que tienen características naturales como no tóxicos para los humanos, fácilmente disponibles y amigables con el medio ambiente. Algunos de estos polímeros tienen grupos de amonio cargados, lo que los convierte en electrolitos fuertes independientemente de su variación de pH (Kweiyor y Rathilal, 2019, p.12).

El lodo residual producto de los coagulantes de especies vegetales es profundamente biodegradable, además cuando se utiliza alumbre como coagulante, se produce más fango que cuando se utilizan coagulantes naturales. Por otro lado, los costos de obtención de coagulantes inorgánicos debido a la importación son más altos que los costos de preparación de los coagulantes naturales. En cuanto a las perspectivas de la evaluación de la sostenibilidad, la aceptación y comercialización de los coagulantes naturales se ven obstaculizadas por dos desafíos principales, la practicidad y la viabilidad de la aplicación real en el campo y su conservabilidad de uso, ya que pasan por alto aspectos técnicos, ambientales, económicos y sociales (Ang y Mohammad, 2020, p.3).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

Esta investigación no intenta implementar o solucionar algún problema, por ello, fue de tipo básica, orientada a observar y caracterizar al fenómeno que se estudia (Bernal, 2010, p. 110). Asimismo, fue de revisión sistemática bibliográfica, realiza una minuciosa selección de búsqueda de información de un determinado tema y resume resultados de estudios disponibles cuidadosamente diseñados (Vidal et al, 2015, p.7).

El diseño de investigación fue dado por la teoría fundamentada, puesto que se recopiló información científica o estudios realizados que poseen rigor científico, los cuales tuvieron un desarrollo y resultados que son juzgados en sustento y en base al criterio de expertos (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018, p.129). También fue descriptiva, pues pretende identificar los resultados encontrados en artículos científicos que guarden relación con las categorías de estudio (Hernández et al, 2014, p. 93).

#### 3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización

- **Categoría:** Aguas residuales y superficiales; fuente de agua y características fisicoquímicas necesarias para consumo humano y/o para otras necesidades de la humanidad, es deseable conocer su calidad a fin de conocer su viabilidad para su uso (Li et al, 2019, p. 74).
- **Subcategorías apriorísticas;** basada en estudiar las condiciones operacionales en la que se encuentra el tipo de agua en estudio o fuente de agua y sus características fisicoquímicas.
- **Categoría:** Coagulantes naturales; método fiable y ampliamente utilizado en los sistemas de tratamiento de aguas, ya que desempeña un papel esencial para la desestabilización de partículas coloidales, precipitación y agrupamiento de sólidos suspendidos, haciendo posible la sedimentación a través de la formación de flóculos, los cuales luego serán extraídos del agua; de esa manera reduce la

turbidez, el color y en menor medida la materia orgánica que se relacionan con la eliminación de impurezas que están cargadas negativamente a niveles de pH natural, formando una dispersión estabilizada (Nath et al, 2020, p.13).

- **Categorías apriorísticas:** expresada por ver las fuentes orgánicas y las condiciones operacionales.

El cuadro de la matriz de categorización se adjunta en el anexo 1, donde se detalla más a profundidad cada uno de las categorías, subcategorías y dimensiones que se están estudiando.

### **3.3. Escenario de estudio**

El escenario de estudio se abordó dentro de las plataformas indexadas, haciendo la búsqueda de artículos en idiomas inglés y español de los últimos 7 años que indaguen en los diferentes coagulantes naturales para el tratamiento y clarificación de aguas superficiales y residuales.

### **3.4. Participantes**

De acuerdo a Ñaupas et al (2018, p. 141), los participantes son considerados como el universo, donde los individuos, cosas, animales o entes, poseen características similares para ser estudiados y determinar su realidad. En el presente estudio, los participantes fueron todos los artículos o revistas científicas procedentes de todas las fuentes indexadas, como ScienceDirect, entre otros, que contengan a las categorías de estudio del último septenio.

En este estudio, los participantes fueron los 40 artículos científicos que cumplieron con los siguientes criterios de selección: Se incluyeron todos los artículos extraídos de base de datos especializadas, redactados en los idiomas español e inglés, que tenían relación a nuestros dos conceptos y al rubro, publicado entre los años 2015 y 2021.

### **3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de información**

Cómo técnicas se emplearon la observación y cómo instrumentos la guía de observación. Se analizaron los artículos de las diversas plataformas y/o fuentes indexadas, se observaron y consideraron los que cumplieron con los criterios de selección.

### **3.6. Procedimiento**

El proceso de búsqueda tuvo por primera fase, una revisión sistemática en cada una de las plataformas indexadas, para ello se ingresaron las palabras clave como “Aguas residuales”, “Aguas Superficiales”, “Coagulantes Naturales”, “Clarificación de aguas Residuales y Superficiales”. Para ello se hizo uso de las plataformas de búsqueda como el Scielo, Science Direct, y Proquest. En la segunda fase, se seleccionó la información haciendo filtros por idioma, por fecha y por artículo de interés. La tercera fase, luego de tener los artículos de interés se evidenció la información y en base a los objetivos planteados se procedió a realizar los analizarlos. (*Ver Anexo 4*).

### **3.7. Rigor científico**

Cómo rigor científico se tuvo en cuenta la validez y confiabilidad de la investigación obtenida de las diferentes fuentes indexadas, por tanto, toda la información fue verídica de una realidad que ha sido estudiada. También tuvo consistencia lógica, puesto que mostró resultados veraces provenientes de un contexto similar donde se realiza el estudio.

### **3.8. Método de análisis de datos**

Para realizar el análisis de datos se empleó el método deductivo – inductivo, el cual permitió conocer la realidad de los coagulantes naturales en los diversos contextos, ya sea a nivel internacional o nacional. En primera instancia se identificó la utilización de coagulantes naturales para la clarificación de las aguas superficiales y residuales, donde se pone en evidencia las especies naturales, el tipo de

coagulante y la remoción. Acto seguido se identifica las características fisicoquímicas, donde se evidenciaron el tipo de agua, la procedencia y la turbidez. También se identificó las fuentes orgánicas, donde expresa al agente coagulante y la fuente de extracción. Y por último, se identificó las condiciones operacionales, evidenciando dosis de coagulante, pH, velocidad de mezcla, y tiempo de coagulación, floculación y sedimentación. Posterior a lo narrado se realizaron las interpretaciones y debates de los datos obtenidos en relación a los antecedentes, teorías y artículos mismos.

### **3.9. Aspectos éticos**

La investigación trabajó con artículos científicos que fueron sometidos a un sistema de revisión por pares, asimismo, con la veracidad, pues los resultados serán mostrados como lo presenta el artículo, y la responsabilidad, ya que se respetaron los resultados encontrados.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a la revisión de los artículos científicos, los autores sostienen que la clarificación del agua superficial y residual depende de diversos factores, pero el tipo de coagulantes y floculantes afecta notablemente el desempeño de las técnicas de coagulación y floculación debido a la ocurrencia de diferentes mecanismos, de esta manera se ha considerado la turbidez como parámetro de respuesta para evaluar la eficiencia del tratamiento según el porcentaje de remoción, tal cual se muestra en la tabla siguiente:

**Tabla 1. Utilización de coagulantes naturales para la clarificación de aguas superficiales y residuales.**

<b>Autor</b>	<b>Especies naturales</b>	<b>Tipo de coagulante</b>	<b>Remoción turbidez (%)</b>
Arias et al., (2017)	<i>Moringa oleifera</i>	Vegetal	86.7
Aguirre, Piraneque y Cruz, (2018)	<i>Moringa oleifera</i> , Cactus, Neem y Maíz	Vegetal	96.8
Fuentes, Molina y Ariza (2016)	<i>Cactus lefaria</i> , <i>Moringa oleifera</i> , almidón de yuca y algas marina	Vegetal	98.0
Castillo y Avendaño, (2020)	<i>Moringa oleifera</i>	Vegetal	98.9
Trujillo et al., (2014)	Plátano	Vegetal	98.9
Contreras et al., (2015)	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Vegetal	90.0
Rodiño et al., (2015)	<i>Hylocereus cf. trigonus</i> (Cactus), exudado de encías <i>Albizia saman</i> (Campano), corteza <i>Guazuma ulmifolia</i> (Guácimo) y corteza y semilla de <i>Moringa oleifera</i> (Moringa)	Vegetal	95.0
Mera et al, (2016)	<i>Moringa oleífera</i>	Vegetal	80.9
Freitas et al (2015)	<i>Abelmoschus esculentus</i> (Okra o quimbombó)	Vegetal	97.3

Nonfodji et al (2020)	<i>Moringa oleífera</i>	Vegetal	64.0
Rasool et al (2016)	<i>Ocimum basilicum L (Albahaca)</i>	Vegetal	58.8
Menkiti y Ejimofor (2016)	<i>Achatinoidea (caracoles)</i>	Animal	99.0
Lopes et al (2020)	<i>Abelmoschus esculentus (okra madura) y Passiflora edulis (maracuyá)</i>	Vegetal	91.7
Dotto et al., (2018)	<i>Moringa oleífera</i>	Vegetal	27.1
Prabhakaran et al., (2020)	<i>Strychnos potatorum (semillas de nirmali), Eirchornia crassipes (jacinto de agua)</i>	Vegetal	53.9
Yimer y Dame, (2021)	<i>Papaya</i>	Vegetal	96.2
Fard et al., (2021)	<i>Alyssum mucilage</i>	Vegetal	96.3
Jagaba et al., (2020)	<i>Moringa oleífera</i>	Vegetal	88.3
Bello et al., (2020)	<i>Abeto (Picea abies)</i>	Vegetal	90.0
(Maurya y Daverey, 2018)	<i>Plátano fresco (Musa acuminata) y papaya (Carica papaya)</i>	Vegetal	59.6
(Shahimi et al., 2021)	<i>Artocarpus heterophyllus (jaca), mangifera indica (mango) y musa (tronco de plátano)</i>	Vegetal	90.2
Muhammad et al., (2020)	<i>Sandía (Citrullus lanatus)</i>	Vegetal	72.0
Escobal et al (2020)	<i>Cactus Armatocereus rauhii subsp. balsasensis y Espostoa mirabilis</i>	Vegetal	39,5
De Oliveira et al., (2017)	<i>Acacia negra (Acacia mearnsii)</i>	Vegetal	92.8
Mahmoodo et al., (2017)	<i>Artocarpus Heterophyllus. como la semilla cruda y la seca</i>	Vegetal	32.28
Novita et al (2019)	<i>Moringa oleifera</i>	Vegetal	88.15
Fenditasari et al., (2019)	<i>Laban wood (Vitex pubescens Vahl)</i>	Vegetal	87.27
Valverde et al., (2021)	<i>Moringa oleifera Lam (MO)</i>	Vegetal	75.1
Manikandan et al., (2021)	<i>T.foenum-graecum (alholva), Cicer arietinum (garbanzo), Azadirachta indica (neem), Moringa Oleifera y Dolichos lablab (frijoles)</i>	Vegetal	80,6



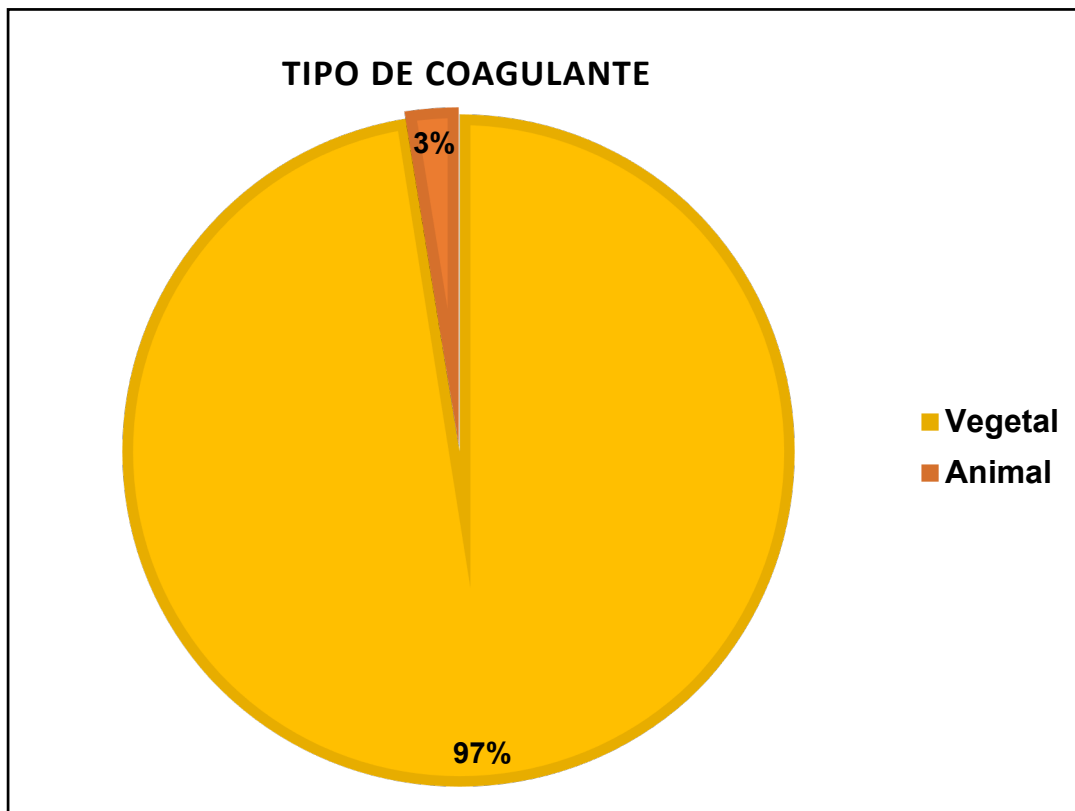
Hassan et al., (2020)	<i>Moringa oleifera</i>	Vegetal	95.5
Giwa et al., (2020)	<i>Tamarindo</i>	Vegetal	69,5
Zainol et al., (2020)	<i>Tamarindo</i>	Vegetal	99,2
Shende et al., (2020)	<i>Aloe vera</i>	Vegetal	62.5
Nguyen et al., (2018)	<i>Moringa oleifera</i>	Vegetal	99.32
Mohd et al., (2018)	<i>Yuca</i>	Vegetal	83
Zaid et al., (2019)	<i>Moringa oleifera</i>	Vegetal	95
De Paula et al., (2014)	<i>Moringa oleifera</i>	Vegetal	90
Varkey et al., (2020)	<i>Moringa oleifera</i>	Vegetal	82
Nyström (2020)	<i>Moringa oleifera</i>	Vegetal	88,1
Okunlola (2020)	<i>Moringa oleifera</i>	Vegetal	72.4

De acuerdo con la tabla 1, se distinguieron especies como la *Moringa oleifera* que resultó ser el coagulante mayor utilizado, capaz de disminuir la turbidez en un rango de 27,1% a 99.32%, el primer caso se debe a que no se realizó la extracción para separar la proteína (agente coagulante) de la grasa que causa un aumento de turbidez por residuos lípidos y disminuye la eficiencia de la coagulación, solo se trituraron las semillas y como tal fueron agregadas a la muestra de agua. Por otro lado, prevalecen mayoritariamente las especies de tipo vegetal, es decir, el 97% de los autores utilizó coagulante de origen vegetativo. En contraste, el único coagulante de origen animal corresponde a *caracoles*, siendo la tercera especie más efectiva con remoción de 99%.

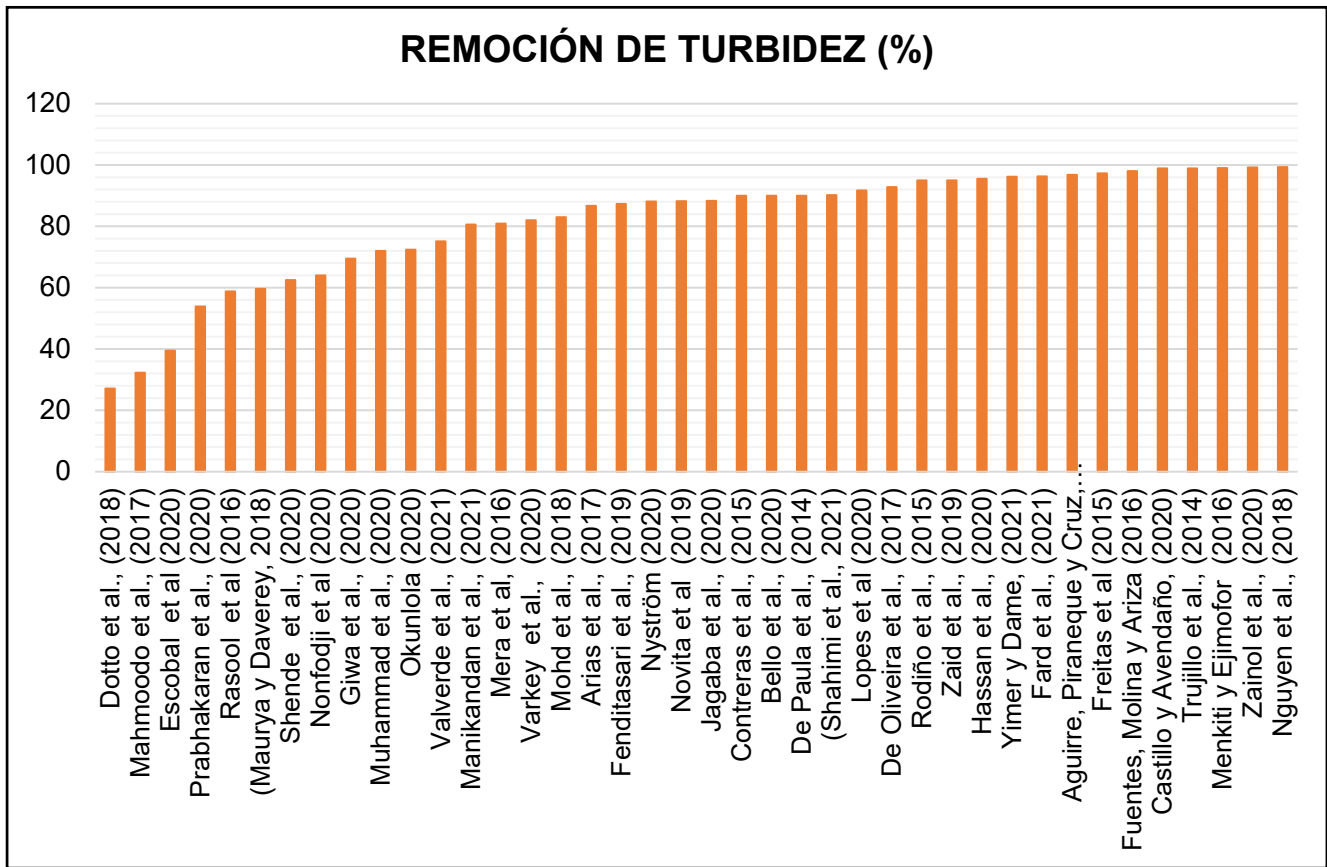
Estos resultados concuerdan con el antecedente de Dayarathne et al (2021) donde se identificó coagulantes vegetales de semillas en polvo de *Moringa oleifera* y de origen animal como conchas trituradas de cangrejos (*Brachyura*) y caracoles (*Gastropoda*). Además, se distinguieron otros coagulantes como *Opuntia ficus-indica* que presenta una remoción de 90% que es menor en comparación con el antecedente de Ynofuente y Condori (2020), donde se identificó 98 a 99.8% de efectividad para *Opuntia ficus-*

*indica*, sin embargo, los porcentajes son similares para el caso de la *Moringa oleifera*, pues se obtuvo un rango de 90 a 100%. En este contexto, se destaca que la *Moringa* también disminuye los elevados de parámetros como el color en 93% y DBO5, DQO, SST entre 20 y 60%, asimismo Coliformes Totales alcanzando porcentajes mayores a 90% (Arias et al, 2017), esto coincide con otro estudio donde se eliminaron color en 90.15%, DQO en 51.99%, solidos suspendidos en 95.42% y aceite y grasa en un 87,05% (Jagaba et al., 2020). Ahora bien, utilizando un coagulante de *Moringa* extraído en KCl, se consiguió remociones de 82.2% para el color aparente, 83.05% para DQO y en colorantes en 78.4% para RP-HE7B y 89.7% para OP-HER (Dotto et al, 2018).

Asimismo en la investigación de Nonfodji et al (2020) se logró eliminar un 38,36% de DQO, 16,54% UV 254 , 74,28% contra E. coli, el 76,36% contra V. cholerae y el 90% contra cepas de P. aeruginosa. En cambio, con el coagulante de la Tuna (*Opuntia ficus-indica*) se consiguió disminuir totalmente el color hasta 0 UPC, y el comprendido de STD hasta valores inferiores a 200 mg/L (Contreras et al, 2015).



**Figura 1. Tipo de coagulante según los artículos revisados.**



**Figura 2. Remoción de turbidez según los artículos revisados**

Asimismo, se reconoció coagulantes de tamarindo (*Tamarindus indica*) con eliminación de turbidez de 69,5% a 99,2% y *Aloe vera* en 62.5%, tal como en el antecedente de Canaza y Mamani (2020), donde se encontró remociones de 98.4% y 73.9% respectivamente. En la investigación de Aguirre, Piraneque y Cruz (2018) encontraron que esta especie en dosis de 2 g/L disminuyó el color en 97,8%, mientras que *Neem* en dosis de 0,8 g/L redujo el 99,4% en coliformes totales y 99,2% en coliformes fecales, mientras tanto *Zea mays* (maíz) en dosis 2,5 g/L eliminó el 94,4% de coliformes totales.

Mientras tanto, con Albahaca (*Ocimum basilicum L.*) se logró una reducción de DQO y color en 64,4 y 77,8% respectivamente a pH 7,0 en 15 min, incluso en esta condición se disminuyó el nitrógeno amoniacal en un 24% (Rasool et al, 2016). Adicionalmente, el Quimbombó (*Abelmoschus esculentus*) permitió eliminar la DQO y el color hasta en un 85,69% y 93,57% respectivamente (Freitas et al, 2015). Respecto a coagulantes a

base de frutas como la papaya (*Carica papaya*), se logró una eliminación de coliformes totales superior del 96,32% (Yimer y Dame, 2021). En cambio, usando semilla de maracuyá (*Passiflora edulis*) con una dosis de 1000.0 mg/L a pH 5,00 se eliminó DBQ a 48,0%, mientras que con okra a 47,4% con una dosis de okra (*Abelmoschus esculentus*) igual a 1000,0 mg L<sup>-1</sup> a un pH cercano a 5,00 (López et al, 2020). Además con sandía (*Citrullus lanatus*) se disminuyó la temperatura de 30.4 a 28°C, el pH de 9.35 a 6.83 y DBO de 7.5 a 1.33 mg/L (Muhammad et al., 2020). Mientras que con tamarindo se logró la eliminación de color del 60,53% (Giwa et al, 2020) y el 77,2% de la DQO en pH 3, en cambio, las mayores absorciones de DQO se producen en condiciones alcalinas de pH8 con 84,5% (Zainol et al, 2020).

Por otro lado, respecto a plantas silvestres, el polvo seco de jacinto de agua (*Eirchorrnia crassipes*) reduce los parámetros en el orden de pH, turbidez, cloruro, alcalinidad, DBO en 2,37%, 53,85%, 16,08%, 42,85% y 65,24% (Prabhakaran et al, 2020). En cambio, con *Alyssum mucilage*, se obtuvo que la DQO y las eficiencias de eliminación de tensioactivo se obtuvieron en un 84,63% y 99% respectivamente (Fard et al, 2021). Asimismo, en el estudio de Escobal et al (2020), se observó que cuando los tratamientos han sido realizados, la turbiedad y sólidos en suspensión totales se reduce a un 39,47 % y 34,10 % con la especie de *Armatocereus rauhii subsp. Balsasensis R.* Por otro lado, cuando se utiliza *Espostoa mirabilis R.* baja a 27,45 % y 25,24 % respectivamente.

Además, una especie considerada exótica, invasora y perjudicial a nivel mundial que se ha estudiado su aprovechamiento como coagulante, es la “Acacia negra” (*Acacia mearnsii*), la cual obtiene una eliminación de color y turbidez para el coagulante Tanfloc POP (color: 88,7%; turbidez: 92,8%) y Tanfloc SG (color: 92,3%; turbidez: 94%) que fueron mayores en comparación con Tanfloc SL (color: 69%; turbidez: 58,6%). Estas últimas consideraciones comprueban que generalmente la coagulación y floculación promueven la separación de los sólidos en suspensión, los cuales son los principales responsables de la turbidez, el color y la eliminación de sabores y olores, por lo tanto, también es posible eliminar otros parámetros fisicoquímicos del agua.

Así se verificó en la investigación de Dotto et al, (2018) que, para los coagulantes aplicados al tratamiento de coagulación / floculación se renueven el color, turbidez, DQO y absorbancia de los tintes, mientras que en De Oliveira et al, (2017) se determinó que el volumen de lodo generado fue menor en la muestra de efluente tratada en comparación con la muestra de control, lo que demuestra la eliminación de los sólidos suspendidos totales que condicionan la presencia de color y turbidez en el efluente. Esto concuerda con Fuentes, Molina, y Ariza, (2016), pues se indica que la generación de lodos es menor debido a los métodos de adsorción y la neutralización de cargas que brindan las biomásas de procedencia vegetal.

De la misma manera se halló que todos los coagulantes naturales usados son eficientes, seguros, económicos y no aquejan significativamente las variables de pH, conductividad y oxígeno disuelto en el tratamiento de aguas para consumo poblacional, así al respecto Arias et al, (2017) menciona que la *M. Oleífera* a pesar de no modificar el pH posteriormente del test de jarras, sí mejora su capacidad de mover color y turbidez a pH alcalinos. Asimismo los coagulantes obtenidos desde las especies de *A. indica*, *M. oleifera*, *Z. mays*, y *O. ficus-indica*; son eficaces para remover la turbidez y el color del agua superficial recogida, se tiene en cuenta que el aspecto más notable es que aquellas sustancias no alteran de significativamente el pH del agua, es por eso que su empleo en procesos de tratamiento de agua es una opción económicamente factible y ambientalmente razonable (Aguirre et al, 2018).

De acuerdo a la revisión de los artículos científicos, los autores sostienen que es importante llevar a cabo un análisis de las características fisicoquímicas de las aguas superficiales y residuales con la finalidad de conocer la procedencia y la concentración inicial de partículas en suspensión, es decir, la turbidez inicial con la finalidad de encontrar su relación con la eficiencia de remoción, pues este parámetro es la característica más relevante que influye en el rendimiento de los coagulantes y floculantes naturales, de esta manera se ha considerado una comparación entre los diversos artículos para evaluar el mecanismo de acción de remoción, tal como se muestra en la próxima tabla:

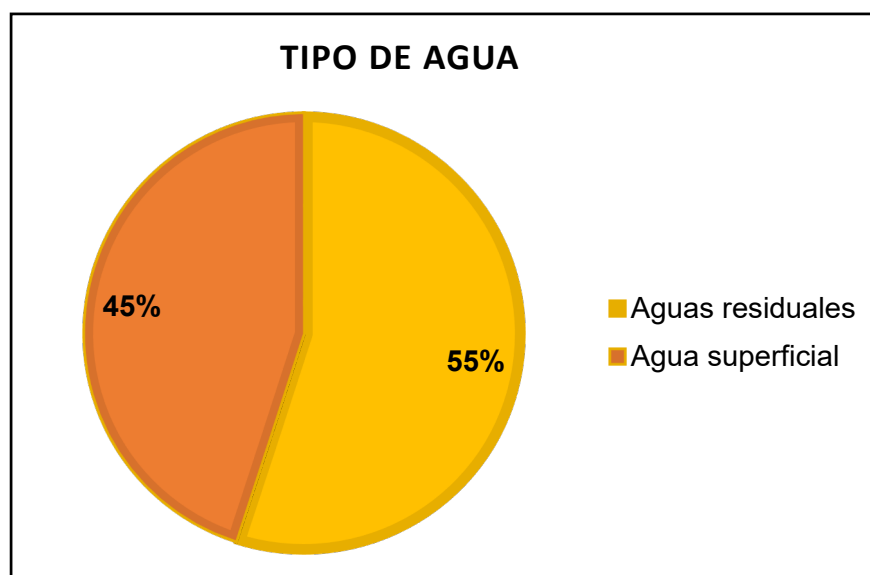
**Tabla 2. Características fisicoquímicas de las aguas superficiales y residuales.**

<b>Autor</b>	<b>Tipo de agua</b>	<b>Procedencia</b>	<b>Turbidez Inicial (NTU)</b>
<b>Arias et al (2017)</b>	Agua residual	Planta de sacrificio animal	1 144.0
<b>Aguirre, Piraneque y Cruz (2018)</b>	Agua superficial	Río Magdalena	126.6
<b>Fuentes, Molina y Ariza (2016)</b>	Agua superficial	Río César	40.8 y 800.0
<b>Castillo y Avendaño (2020)</b>	Agua superficial	Río Sama	424.0
<b>Trujillo et al (2014)</b>	Agua superficial	Río blanco vereda cerro de oro	369 .0
<b>Contreras et al (2015)</b>	Agua superficial	Río Magdalena.	97.7
<b>Rodiño et al (2015)</b>	Agua superficial	Río Sinú	56.0 y 300
<b>Mera et al (2016)</b>	Aguas residuales	Industria de café y pelado vegetales	2000.0 y 95.0
<b>Freitas et al (2015)</b>	Aguas residuales	Industriales textiles	-
<b>Nonfodji et al (2020)</b>	Aguas residuales	Hospitalarias	1261.3
<b>Rasool et al (2016)</b>	Aguas residuales	Lixiviado de vertedero	123.6
<b>Menkiti y Ejimofor (2016)</b>	Aguas residuales	Industria de la pintura	1320.0
<b>Lopes et al (2020)</b>	Aguas residuales	Industrias lácteas	698.0
<b>Dotto et al (2018)</b>	Aguas residuales	Industriales textiles	66.8
<b>Prabhakaran et al (2020)</b>	Aguas residuales	Industriales textiles	13.0
<b>Yimer y Dame (2021)</b>	Agua superficial	Río Tulte	392.7
<b>Fard et al (2021)</b>	Aguas residuales	Industriales de buques	132.2
<b>Jagaba et al (2020)</b>	Aguas residuales	Industria del aceite de palma	26.6
<b>Bello et al (2020)</b>	Agua superficial	Río Oulu	25,2
<b>(Maurya y Daverey 2018)</b>	Aguas residuales	Municipales crudas	71.7
<b>(Shahimi et al 2021)</b>	Aguas residuales	Municipales crudas	135.0
<b>Muhammad et al (2020)</b>	Aguas residuales	Municipales crudas	33.2
<b>Escobal et al (2020)</b>	Agua superficial	Río Hawái	39,5
<b>De Oliveira et al (2017)</b>	Aguas residuales	Lavanderías industriales	87

<b>Mahmoodo et al (2017)</b>	Agua superficial	Río Sungai	99
<b>Novita et al (2019)</b>	Aguas residuales	Indonesia (industria de café)	448
<b>Fenditasari et al (2019)</b>	Aguas residuales	Municipales crudas	33.2
<b>Valverde et al (2021)</b>	Agua superficial	Río Pirapó	79
<b>Manikandan et al (2021)</b>	Agua superficial	Lago Chinnandipalayam	21.1
<b>Hassan et al (2020)</b>	Agua superficial	Lago Shah alam	133
<b>Giwa et al (2020)</b>	Aguas residuales	Industria de tintura	102.9
<b>Zainol et al (2020)</b>	Agua superficial	Río Kangar	26,7
<b>Shende et al (2020)</b>	Aguas residuales	Tintorerías textiles	-
<b>Nguyen et al (2018)</b>	Agua superficial	Lago van quan	81.67
<b>Mohd et al (2018)</b>	Agua superficial	Río johor	26.1
<b>Zaid et al (2019)</b>	Agua superficial	Río belat	38.6
<b>De Paula et al (2014)</b>	Aguas residuales	Planta de hormigón	130
<b>Varkey et al (2020)</b>	Aguas residuales	Industria tintura	800
<b>Nyström (2020)</b>	Aguas residuales	Lavanderías industriales	650
<b>Okunlola (2020)</b>	Agua superficial	Río Solo	9.61

En relación a la tabla 2, se puede indicar que la mayoría de los autores realizó el tratamiento de aguas residuales que corresponde al 55% en comparación con aguas superficiales que se desarrolla en un 45% tal como se muestra en la figura 3, donde la turbidez inicial varía en un rango 13 a 2000 NTU para el caso de las aguas residuales, mientras que el rango de turbidez inicial de las aguas superficiales se distingue a partir de 9.61 hasta 800 NTU. De esta manera la eficiencia promedio de remoción de turbidez es 80.1% y 81.8% para aguas residuales y aguas superficiales respectivamente, debido a que las aguas residuales presentan mayor turbidez en comparación a las aguas de fuente natural, sin embargo, la utilización de especies naturales no supera las expectativas en el tratamiento de agua.

Pues en algunos casos se observó que la prueba con coagulantes naturales por sí solos tenían una capacidad de eliminación no apreciable, por lo que se optó llevar a cabo una combinación de coagulantes sintéticos en diferentes concentraciones. Estos resultados evidencian según el antecedente de Ang y Mohammad (2020) se indica que aplicación generalizada de coagulantes naturales en la industria del agua está todavía lejos de la realidad, y la aceptación de coagulantes naturales sobre los coagulantes convencionales es todavía baja, por lo tanto, recomiendan que se debe hacer hincapié en los esfuerzos para aumentar la confianza de la empresa de abastecimiento de agua mostrando la gran facultad de los coagulantes naturales para apartar con garantía la mayoría de impurezas del agua.



**Figura 1. Tipo de agua según los artículos revisados.**

De esta manera, la menor turbidez inicial de agua residual corresponde a la industrial textiles en la investigación de Prabhakaran et al (2020) y la mayor concierne a las aguas resultantes del proceso de beneficio de café en el estudio de Mera et al, (2016), el cual además lleva a cabo ensayos en efluentes de pelado de vegetales con concentraciones de 95 NTU. Por otro lado, la menor turbidez inicial de agua superficial se identificó en las muestras de agua del Río Magdalena en el artículo de Rodiño et al (2015) y la mayor turbidez en el Río César en el contexto de la investigación de Fuentes, Molina y Ariza (2016), quienes también consideraron una comparación de



dos niveles de turbidez que corresponden a un periodo seco y periodo de lluvia con concentraciones tanto de 56.0 y 300 como de 40.8 y 800.0 NTU respectivamente.

En el caso de las aguas residuales municipales se observó que la mayor remoción de turbidez en 90.2% se obtuvo utilizando cáscara de plátano en la investigación de Shahimi et al (2021), sin embargo, en Maurya y Daverey (2018) también utilizaron el mismo coagulante pero consiguieron una remoción menor de 59.6%, lo cual se debe a que el valor inicial de turbidez fue reducido en el segundo caso a comparación del primero, por lo tanto se puede determinar que a mayor turbidez aumenta la eficiencia de remoción. Por lo tanto, el coagulante a base de cáscara de plátano es más recomendable para el tratamiento de aguas crudas municipales debido a que se supera el 50% de eficiencia remoción de turbidez.

Por otro lado, respecto a la aprobación de coagulantes para la remoción de turbidez, se encontró que Mohd et al (2018) realizó una combinación de alumbre-CPS con coagulante natural de almidón de *yuca*, teniendo dosificaciones de 7.5mg/L para yuca y 100 mg/L para el sulfato de aluminio. En cuanto al estudio de Rasool et al (2016), se obtuvo una remoción de varios parámetros en condiciones de relación de 1: 1 de alumbre: Albahaca (*Ocimum basilicum*).

Además Trujillo et al (2014) desarrolló tanto una mezcla LASSAR 55 que pertenece a un 50% de almidón de *plátano* y 50% de aluminio, como una mezcla LASSAR 23530 que corresponde a 20% de almidón de *plátano*, 80% de aluminio y 30% de arcilla bentónica. Similarmente De Paula (2014) obtuvo una combinación de 20% de *Moringa oleifera* y 80% de sulfato de aluminio que resultó ser la más eficiente. Por otro lado, Contreras et al (2015) llevó a cabo una combinación de sulfato de aluminio con coagulante natural, siendo más eficiente concentración de 10 % *Opuntia* y 90% Alumbre, mientras que Muhammad et al (2020) realizó una combinación de sulfato de aluminio con *sandía*, siendo más eficiente concentración de 70% de la corteza de *sandía* en polvo y al 30% de alumbre.

En contraste, durante la prueba de jarras en la investigación de Valverde et al (2021) se consiguió mayor remoción en mayor cantidad de coagulante natural en comparación con el sintético, de esta manera la concentración de 60/40% de *Moringa* y policloruro de aluminio resultó eficiente en comparación con condiciones de 70% / 30% a 50%/50%, 60%/40% y 80%/20%. Por lo tanto, se afirma que generalmente, los coagulantes suelen ser más eficientes en agua de alta turbidez, mientras que su rendimiento se reduce en agua de baja turbidez, donde también influye la composición del coagulante natural.

Por ejemplo, los resultados de Muhammad et al (2020) revelaron que la turbidez, el pH y el nivel de oxígeno disuelto eran altamente dependientes de la dosis coagulante, pues alrededor del 72% de la turbidez se reducía usando 70% de corteza de sandía en polvo y al 30% de alumbre (WR70A30) en aguas residuales naturales. Por otro lado, la lectura final del pH cae aproximadamente en el rango de 6 a 8, respectivamente, lo que es aceptable para la descarga estándar de aguas residuales. Mientras tanto, los resultados para la DBO5 de las aguas residuales naturales se encuentran en los rangos entre 0,35 a 1,39 habiendo cumplido con la norma de la OMS.

Además se observó que la prueba de coagulación con almidón de cáscara de *yuca* (CPS) por sí sola tenía una capacidad de eliminación no apreciable. Sin embargo, se encontró que la combinación de alumbre-CPS logra con éxito (Mohd et al, 2018). De igual forma coincide De Paula et al (2014) para el caso de la *Moringa* como sustituto del sulfato de aluminio, pues el factor limitante para el uso de porcentajes más altos proviene de la necesidad de neutralizar el pH del agua tratada, lo que no puede hacerse con *Moringa* por sí mismo.

Además, las mezclas fundadas en almidón solamente quitan la fracción particulada de DQO mas no la fracción disuelta, y en oposición, el cloruro férrico y el sulfato de aluminio provocan una oxidación química de toda la materia orgánica disuelta, al generar un descenso significativo del pH, lo cual demuestra que una proporción muy mínima de sulfato de aluminio involucra menor efectividad de remoción de turbidez (Maurya y Daverey, 2018). Esto se relaciona con el siguiente factor sugerido en el

trabajo de Shahimi et al (2021), donde se menciona que el sulfato de aluminio forma una oxidación química de la materia orgánica disuelta, entretanto que el almidón de *plátano* se encarga solo de remover la fracción particulada de DQO y se desentiende de la fracción disuelta.

De acuerdo a la revisión de los artículos científicos, los autores sostienen que los coagulantes naturales derivados de diversas fuentes de plantas, animales o microorganismos tienen capacidades significativas que determinan su uso potencial como coagulantes naturales, los cuales son agentes como el contenido de polisacáridos, polímeros proteicos y algunos grupos funcionales que se extraen o no de la estructura de las especies naturales con la finalidad de promover los mecanismos de adsorción, puentes de polímeros y neutralización de carga en el proceso de coagulación y floculación, tal como se revela en la siguiente tabla:

**Tabla 3. Fuentes orgánicas utilizadas en el desarrollo de coagulantes naturales para clarificar aguas superficiales y residuales.**

<b>Autor</b>	<b>Especies naturales</b>	<b>Agente coagulante</b>	<b>Fuente de extracción</b>
<b>Arias et al., (2017)</b>	Moringa oleífera	Proteína catiónica	Semillas
<b>(Aguirre, Piraneque y Cruz, (2018)</b>	Moringa, Cactus, Neem y Maíz	Proteína	Semillas, hojas, granos
<b>Fuentes, Molina y Ariza (2016)</b>	Moringa oleífera, cactus lefaria, yuca y algas marina	Proteína y Almidón	Semillas, hojas, raíz, hojas
<b>Castillo y Avendaño, (2020)</b>	Moringa oleífera	Proteína	Semillas
<b>Trujillo et al., (2014)</b>	Plátano	Almidón	Fruto
<b>Contreras et al., (2015)</b>	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Mucílago	Pencas
<b>Rodiño et al., (2015)</b>	Moringa oleífera; Hylocereus cf. Trigonus (Cactus), Albizia saman (Campano), Guazuma ulmifolia (Guácimo)	Carbohidratos y proteínas	Semillas, hojas, corteza y tallos

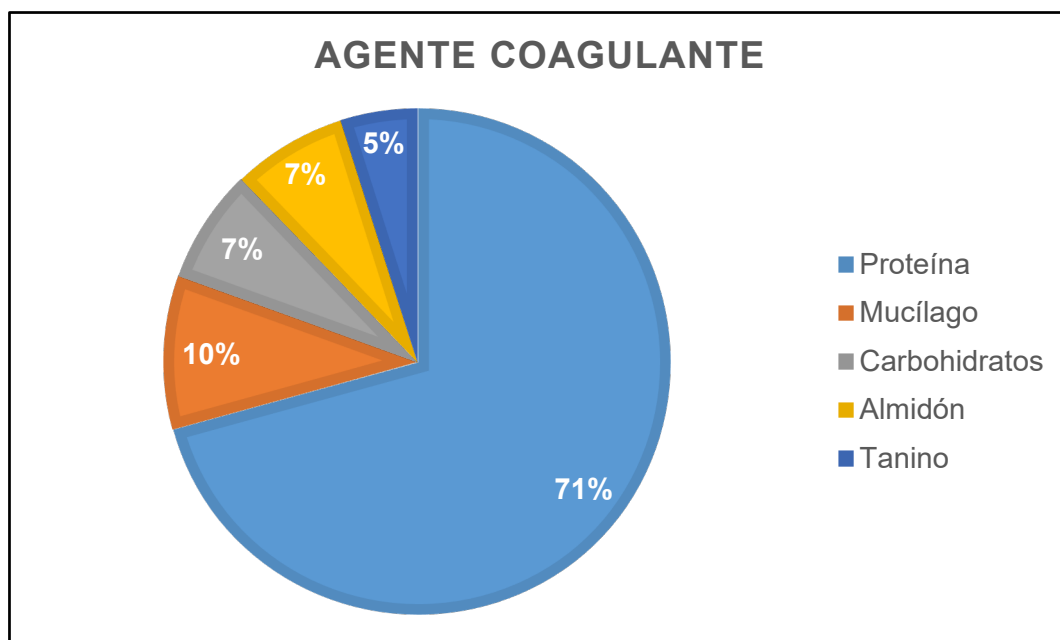
<b>Mera et al, (2016)</b>	Moringa oleífera	Proteína	Semillas
<b>Freitas et al (2015)</b>	<i>Abelmoschus esculentus</i> (Okra o Quimbombó)	Mucílago	Vaina
<b>Nonfodji et al (2020)</b>	Moringa oleífera	Proteína dimérica	Semillas
<b>Rasool et al (2016)</b>	Ocimum basilicum L (Albahaca)	Mucílago	Semillas
<b>Menkiti y Ejimofor (2016)</b>	Achatinoidea (caracoles)	Proteína	Cáscaras
<b>Lopes et al (2020)</b>	<i>Abelmoschus esculentus</i> (okra madura) y <i>Passiflora edulis</i> (maracuyá)	Proteína	Semillas
<b>Dotto et al., (2018)</b>	<i>Moringa oleifera</i>	Proteína catiónica	Semillas
<b>Prabhakaran et al., (2020)</b>	<i>Strychnos potatorum</i> (semillas de nirmali), <i>Eirchorria crassipes</i> (jacinto de agua)	Mucílago	Semillas
<b>Yimer y Dame, (2021)</b>	Papaya	Proteína	Semillas
<b>Fard et al., (2021)</b>	Alyssum mucilage	Proteína	Semillas
<b>Jagaba et al., (2020)</b>	Moringa oleífera	Proteína	Semillas
<b>Bello et al., (2020)</b>	Abeto ( <i>Picea abies</i> )	Taninos	Corteza
<b>(Maurya y Daverey, 2018)</b>	Plátano fresco ( <i>Musa acuminata</i> ) y papaya ( <i>Carica papaya</i> )	Proteína	Cáscaras y semillas
<b>Shahimi et al., (2021)</b>	<i>Artocarpus heterophyllus</i> (jaca), <i>mangifera indica</i> (mango) y <i>musa</i> (tronco de plátano)	Proteína	Semillas y tronco
<b>Muhammad et al., (2020)</b>	Sandía ( <i>Citrullus lanatus</i> )	-	Corteza
<b>Escobal et al., (2020)</b>	Cactus <i>Armatocereus</i> y <i>Espositoa mirabilis</i>	Carbohidratos	Tejido
<b>De Oliveira et al., (2017)</b>	Acacia negra ( <i>Acacia mearnsii</i> )	Tanino	Cáscara
<b>Mahmoodo et al., (2017)</b>	<i>Artocarpus Heterophyllus</i> .	Carbohidratos y proteínas	Semilla
<b>Novita et al., (2019)</b>	Moringa olifera L.	Proteínas	Semillas y Corteza
<b>Fenditasari et al., (2019)</b>	Laban wood ( <i>Vitex pubescens</i> Vahl)	Proteína	Corteza

<b>Valverde et al., (2021)</b>	Moringa oleifera Lam (MO)	Proteína	Semillas
<b>Manikandan et al., (2021)</b>	T.foenum-graecum (alholva), Cicer arietinum (garbanzo), Azadirachta indica (neem), Moringa Oleifera y Dolichos lablab (frijoles)	Proteína	Semillas
<b>Hassan et al., (2020)</b>	Moringa oleifera	Proteínas	Semillas y frutos
<b>Giwa et al., (2020)</b>	Tamarindo	Proteínas	Semillas
<b>Zainol et al., (2020)</b>	Tamarindo	Proteína	Hojas
<b>Shende et al., (2020)</b>	Aloe vera	Proteína	Semillas
<b>Nguyen et al., (2018)</b>	Moringa oleifera	Almidón	Cáscara
<b>Mohd et al., (2018)</b>	Yuca	Proteína	Semillas
<b>Zaid et al., (2019)</b>	Moringa oleifera	Proteína	Semillas
<b>De Paula et al., (2014)</b>	Moringa oleifera	Proteína	Semillas
<b>Varkey et al., (2020)</b>	Moringa oleifera	Proteína	Semillas
<b>Nyström et al., (2020)</b>	Moringa Oleifera	Proteína	Semillas
<b>Okunlola et al., (2020)</b>	Moringa Oleifera	Proteína	Semillas

De acuerdo con tabla 3, se puede observar que predomina la proteína como agente coagulante presente en *Moringa oleifera*, lo cual se representa en un 71% de los artículos revisados como se evidencia en la figura 4, asimismo se identificó como componente presente en especies naturales como *moringa*, *maíz*, *neem*, *alholva*, *garbanzo*, *frijoles*, *okra*, *jaca*, *maracuyá*, *papaya*, *plátano*, *tamarindo*, *mango*, *caracoles*, *Acacia negra*, *Artocarpus Heterophyllus* y *Alyssum mucilage*, *Aloe vera*, donde las fuentes de extracción son diversas debido a la estructura de cada especie. Por otro lado también se encontró mucílago de *Opuntia ficus-indica*, *Abelmoschus esculentus*, *Albahaca*, *nirmali*, *jacinto de agua*, asimismo carbohidratos de *albizia*, *campano*, *guácimo* y *sandía*, mientras que almidón y tanino como agentes coagulantes

de *cactus*, *Yuca*, *plátano*, así como *cactus Armatocereus rauhii subsp. balsasensis* y *Espostoa mirabilis* respectivamente.

Estos resultados concuerdan con el antecedente de Canaza y Mamani (2020), donde se reconocieron coagulantes de origen natural y su efectividad para la expulsión de turbidez del agua, a través de la observación indirecta de estudios experimentales, considerando el tipo de coagulante de acuerdo a su fisiología, su productividad en tasas de turbidez, resultando 6 coagulantes naturales como *Opuntia ficus-indica*, *Aloe vera*, *Moringa oleifera*, *Tamarindus indica* y *Caesalpinia spinosa* y el otro agente de origen animal *Chitosán* (Quitosano), siendo más eficientes aquellos a base de *Moringa oleifera* en comparación con los otros agentes coagulantes identificados.



**Figura 2. Agente coagulante según los artículos revisados.**

Es este contexto, se puede distinguir la utilización de soluciones alcalinas o ácidas en la extracción de proteínas, por ejemplo Dotto et al (2018) consiguió una concentración del agente coagulante en valores de 32% y 42,9%, respectivamente para NaCl y KCl. Mientras que en la investigación de Nguyen et al (2018) se realizaron tres coagulantes, uno del polvo integral de *Moringa oleifera* sin extracción de proteína, otro extraído con n-hexano y un tercero que se suspendió en una solución activada electroquímicamente

consiguiendo cantidad de proteína de 38,2% y 46,1% en el caso de los últimos coagulantes. Por otro lado, se encontró que el polvo de cáscara de *banana* era mejor coagulante debido a que está compuesta de sustancias poliméricas como fibra en un 11,04% y proteína en un 10,14% (Maurya et al, 2018).

Además, es importante tener en cuenta que el polvo de semillas tiene una fuerte afinidad para atraer la humedad durante o después de la molienda; esto hace que sea necesario secar la energía a 40 ° C durante 10 minutos para reducir el contenido de humedad (Valverde et al, 2021). Mientras que la semilla de *jaca* registra el mayor rendimiento, bajo contenido de humedad y débil carga superficial que puede indicarlo como un buen coagulante natural (Shahimi et al, 2021)

De esta manera, la proteína como agente coagulante puede explicarse por el hecho de que esta sustancia es un biopolímero de aminoácido cuya forma catiónica desestabiliza a las partículas coloidales de carga negativa produciendo atracción unas con otras para formar coágulos y posteriormente flóculos. Así lo afirma Arias et al (2017), pues en su estudio se extrae la proteína y se elimina los aceites y grasas porque no ostentan propiedades coagulantes e inversamente depone un residual lipídico en el agua, por lo que se recomienda realizar una extracción de este conjunto. Del mismo modo que la *Moringa oleífera*, la semilla de *tamarindo* ostenta proteínas conformadas primordialmente por aminoácidos como glicina, leucina, ácido glutámico y aspártico.

En este contexto, la glicina y la leucina son aminoácidos alifáticos insolubles en el agua, y los ácidos glutámicos y aspárticos son aminoácidos con propiedades ácidas y solubles en agua. Lo antepuesto haría suponer que las sustancias que llevan a cabo la coagulación en la semilla de *tamarindus indica* son las terminaciones de ácido glutámico y aspártico (Zainol et al, 2020). Hay estudios que sustentan que las propiedades del *mucilago* colaboran con el poder de remoción de turbidez, entre las cuales tenemos a Prabhakaran et al, (2020), quienes examinaron al *mucilago* y concluyeron que la baja proporción de proteínas no demuestra su poder de coagulante en contraste de la alta cantidad de carbohidratos, que sí beneficia a la coagulación.

Asimismo, el *mucílago* de quinbombó resulta como un coagulante efectivo en el tratamiento de aguas servidas textiles debido que es un polisacárido aniónico natural que pueden dar una alta viscosidad en dosis muy bajas, además presenta una composición similar a la del *cactus*, por lo tanto esta última especie vegetal también tiene potencial como coagulante (Freitas et al, 2015). De la misma manera, el *Opuntia ficus-indica* puede considerarse con igual mecanismo de acción, pues permite que las partículas de la solución no tengan contacto directo entre sí, sino que se unen a un material similar a un polímero producido por la especie de *cactus* (Contreras et al, 2015).

Conforme a la revisión de los artículos científicos los autores sostienen que la dosis del coagulante, el pH, la velocidad de mezcla y tiempo del proceso de coagulación, floculación y sedimentación son los factores que más importancia requieren en las condiciones de operación, pues la dosificación adecuada permite una remoción de turbidez eficiente, tal como se demuestra en la siguiente tabla:

**Tabla 4. Condiciones operacionales para el uso de coagulantes naturales en la clarificación de aguas superficiales y residuales.**

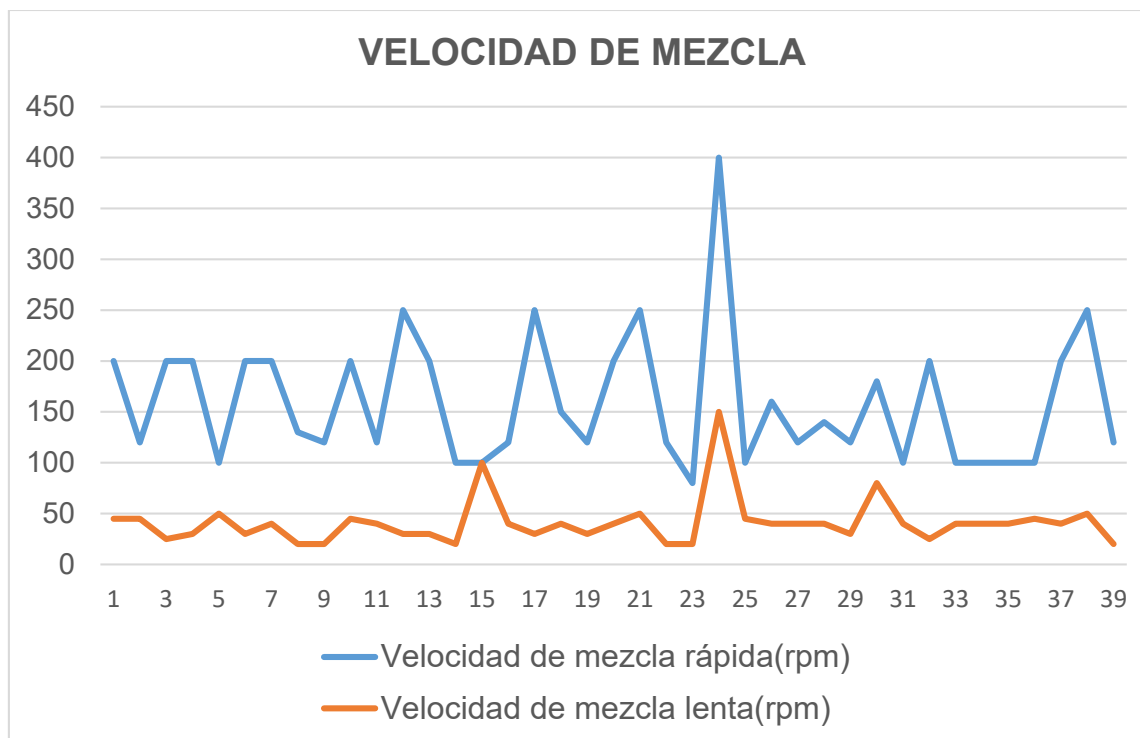
<b>Autor</b>	<b>Dosis de coagulante (mg/L)</b>	<b>pH</b>	<b>Velocidad de mezcla rápida (rpm)</b>	<b>Velocidad de mezcla lenta (rpm)</b>	<b>Tiempo de coagulación (segundos)</b>	<b>Tiempo de floculación (min)</b>	<b>Tiempo de sedimentación (min)</b>
<b>Arias et al (2017)</b>	7 500	8.4	200	45	60	10	20
<b>Aguirre, Piraneque y Cruz (2018)</b>	2	8.52	120	45	10	20	15
<b>Fuentes, Molina y Ariza (2016)</b>	100	6.99 y 7.94	200	25	60	25	35
<b>Castillo y Avendaño (2020)</b>	200	-	200	30	60	30	90
<b>Trujillo et al (2014)</b>	75	5	100	50	60	20	20



<b>Contreras et al (2015)</b>	40	7	200	30	60	20	30
<b>Rodiño et al (2015)</b>	50	-	200	40	60	20	20
<b>Mera et al (2016)</b>	6.4	5.54	130	20	60	30	2880
<b>Freitas et al (2015)</b>	3.2	6	120	20	30	15	60
<b>Nonfodji et al (2020)</b>	320	8	200	45	180	30	60
<b>Rasool et al (2016)</b>	-	7	120	40	300	15	30
<b>Menkiti y Ejimofor (2016)</b>	4000	4	250	30	120	20	35
<b>Lopes et al (2020)</b>	1707	8.42	200	30	60	15	15
<b>Dotto et al (2018)</b>	2086	2	100	20	-	20	60
<b>Prabhakaran et al (2020)</b>	8	7.17	-	-	-	-	-
<b>Yimer y Dame, (2021)</b>	20	6	100	100	60	60	30
<b>Fard et al (2021)</b>	40.5	7.05	120	40	300	45	60
<b>Jagaba et al (2020)</b>	2000	5	250	30	180	30	60
<b>Bello et al (2020)</b>	50	7.5	150	40	60	20	30
<b>(Maurya y Daverey, 2018)</b>	0.4	8	120	30	60	20	-
<b>(Shahimi et al, 2021)</b>	125	9	200	40	120	20	30
<b>Muhammad et al (2020)</b>	1000	7	250	50	120	15	60
<b>Escobal et al (2020)</b>	25000	8,33	-	-	-	-	-
<b>De Oliveira et al (2017)</b>	120	7,5	120	20	120	15	20
<b>Mahmoodo et al (2017)</b>	50	-	80	20	60	30	30
<b>Novita et al (2019)</b>	4500	9	400	150	60	15	30

<b>Fenditasari et al (2019)</b>	140	6.91	-	-	-	-	30
<b>Valverde et al (2021)</b>	50	7.5	100	45	60	15	21
<b>Manikandan et al (2021)</b>	10	7.95	160	40	60	20	30
<b>Hassan et al (2020)</b>	10	7,14 y 7.44	120	40	60	25	30
<b>Giwa et al (2020)</b>	4	9	140	40	180	7	-
<b>Zainol et al (2020)</b>	30	3	120	30	60	20	60
<b>Shende et al (2020)</b>	<b>60</b>	5	180	80	60	120	10
<b>Nguyen et al (2018)</b>	40	-	100	40	240	20	30
<b>Mohd et al (2018)</b>	7.5	9	200	25	120	30	30
<b>Zaid et al (2019)</b>	0,75	-	100	40	360	60	-
<b>De Paula et al (2014)</b>	-	-	100	40	60	5	30
<b>Varkey et al (2020)</b>	500	6.6	100	40	20	30	60
<b>Nyström (2020)</b>	273	7.3	100	45	60	15	21
<b>Okunlola (2020)</b>	-	-	200	40	60	20	20

De acuerdo con tabla 4, se puede observar que la desestabilización de las partículas ocurre en condiciones de una velocidad de agitación que oscila entre 80 y 400 rpm, mientras que la aglomeración de flóculos sucede en una variación de 20 a 150 rpm como se muestra en la figura 5, mientras que por otro lado, se ha evidenciado que el tiempo de coagulación, floculación y sedimentación varía de 10 a 360 segundos, de 5 a 120 minutos y de 10 a 2880 minutos, respectivamente.



**Figura 3. Velocidad de mezcla mínima y máxima según los artículos revisados.**

De esta manera, las condiciones operacionales para la eficiencia es de aproximadamente 80.0% con una dosis de 1707.0 mg/L de semilla de *maracuyá* a pH 5,58, mientras que a pH 7,00, la eficacia de eliminación de la turbidez tiende a disminuir a medida que aumenta la dosis de semillas de *maracuyá*. Por otro lado, las mejores condiciones para eliminar la turbidez usando *okra* se obtuvieron a pH 5.58 y pH 8.42 (89.15 y 91.73% de remoción, respectivamente) con 1707 mg L<sup>-1</sup> de *quingombó* (López et al, 2020). Además la cáscara de *Acacia-negra* funciona en un rango de pH entre 4,5 y 8 removiendo turbidez en 92.8% según los resultados en De Oliveira et al (2017).

Además, la sedimentación es importante, a pesar de que no todos los autores lo consideran en su estudio, se ha evidenciado que en muestras de agua con una turbidez de 132 UNT, después de 1 h de sedimentación se reduce el 96.8 % y a 1.5 horas se reduce 97.04%. Con una turbidez de 48,6 UNT, después de 1 h se reduce el 90,14 % y a la 1.5 se reduce el 92,4%. Con una turbidez de 424 UNT, después de 1 h se reduce el 98,3% y a 1.5 h se reduce el 98,9 % (Castillo y Avendaño, 2020).

Asimismo se concuerda en la investigación de Fuentes, Molina, y Ariza (2016), donde se indica que se requiere un alto tiempo de contacto con el agua para que el resultado sea mejor, en contraste del sulfato de aluminio, el cual en escaso tiempo de contacto con el agua, demuestra su efectiva facultad para remover la turbidez.

Respecto a la dosis, se obtuvo una remoción más baja con una dosis de 5 ml/l (dosis mínima) de coagulante de *papaya* y comenzó a enturbiarse después de alcanzar el valor óptimo para todos los coagulantes debido a que una sobredosis y una cantidad insuficiente de coagulantes dan como resultado un rendimiento deficiente de los procesos de coagulación / floculación (Yimer y Dame, 2021). Es valioso destacar que la eficiencia puede cambiar, y eso depende del momento en el que se realice el tratamiento, o sea, a más elevado número de días el pH es propenso a reducir por la descomposición de la materia orgánica, la fermentación microbiana del metano, la nitrificación del amonio y la oxidación de los sulfuros; en definitiva, las reacciones químicas casualmente se pueden exhibir elevando la concentración de gas carbónico que del mismo modo contribuye a la disminución de los valores del pH (Mera et al, 2016).

Asimismo Freitas et al (2015) concuerda que cuando el pH es demasiado bajo, los protones compiten con los productos de hidrólisis de metales para los ligandos orgánicos y la eliminación es pobre porque algunos de los ácidos orgánicos no precipitan. A pH alto, el ion  $\text{OH}^-$  compete con los compuestos orgánicos por los sitios de adsorción de metales y los hidróxidos metálicos sedimentan por coprecipitación. En condiciones más alcalinas, las especies coagulantes se cargan menos positivamente, lo que disminuye su atracción por los compuestos orgánicos aniónicos. En cuanto, el coagulante natural con carga superficial positiva es más preferible ya que los coloides presentes en las aguas residuales son por lo general de carga negativa. Por lo tanto, si el coagulante natural está positivamente cargado puede adjuntar a los coloides cargados negativamente y neutralizará la carga (Shahimi et al, 2021)

## V. CONCLUSIONES

- Se concluye que la revisión sistemática sobre la utilización de coagulantes naturales para la clarificación de aguas superficiales y residuales es un tratamiento de remediación novedoso que permite aprovechar las especies naturales para mejorar los procesos hacia un enfoque económicamente viable y ambientalmente sostenible.
- Se concluye que la mayoría de los autores realizaron el tratamiento de aguas residuales que corresponde al 55% y se describieron sus características fisicoquímicas, de las cuales predominó la turbidez inicial, con rango de 13 a 2000 NTU para aguas residuales y de 9.61 hasta 800 NTU para aguas superficiales, de esta manera la eficiencia promedio de remoción de turbidez es 80.1% y 81.8% para aguas residuales y aguas superficiales respectivamente, debido a que las aguas residuales presentan mayor turbidez en comparación a las aguas de fuentes superficiales.
- Se identificaron las diferentes fuentes orgánicas utilizadas en el desarrollo de coagulantes naturales, de las cuales predomina fuertemente la proteína (presente mayormente en *Moringa Oleifera*) con un 71%, seguido del mucílago, los carbohidratos, el almidón y el compuesto tanino.
- Asimismo, se concluye que fueron descritas las diversas condiciones operacionales (con su propio valor) para el uso de coagulantes naturales, de los cuales tenemos la velocidad rápida (80-400 rpm), velocidad lenta (20-150 rpm), coagulación (10-360 s), floculación (5-120 min) y sedimentación (10-2880 min).
- Finalmente es necesario recalcar que la *Moringa oleifera* resultó ser el coagulante mayor utilizado, el cual es capaz de disminuir la turbidez en un rango de 27,1% a 99.32%, esto debido a que en el primer caso no se realizó la extracción para separar la proteína que es el agente coagulante, de la grasa que causa un aumento de turbidez por residuos lípidos y disminuye la eficiencia de la coagulación.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda evaluar las metodologías de producción de coagulantes naturales en relación con su acción absorbente mediante la extracción del agente coagulante con la finalidad de obtener resultados en laboratorio más representativos para luego ser aplicados en un sistema real de tratamiento de agua.
- Se recomienda llevar a cabo estudios sobre las características de los lodos residuales generados en el tratamientos de aguas, tanto potable como residuales para posteriormente proponer alternativas ambientalmente responsables para el aprovechamiento y disposición final del residuo.
- Se recomienda promover el uso de coagulantes de Moringa debido a que presente elevada eficiencia y mejora la disminución de la turbidez y otros parámetros importantes en la calidad del recurso hídrico para disminuir la generación de enfermedades provenientes de la cloración en el tratamiento de agua.

## REFERENCIAS

AGUIRRE, Sonia, *et al.* Sustancias Naturales: Alternativa para el Tratamiento de Agua del Río Magdalena en Palermo, Colombia. *Información tecnológica* [En Línea]. Junio 2018, vol.29, n.º 3. [Fecha de consulta: 23 de abril de 2021]. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642018000300059&lang=es](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642018000300059&lang=es)

ISSN: 0718-0764

AMRAN, Amir, *et al.* Utilization of Fruit Wastes (Jackfruit and Mango Seeds and Banana Trunk) as Natural Coagulants in Treating Municipal Wastewater. IOP Conference Series. *Materials Science and Engineering* [en línea]. 2017. [Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Effectiveness-of-Natural-Coagulant-in-Coagulation-A-Amran-Zaidi/ea69ea65b934a881754c37fcb03f044062ecfeb5>.

ANDREOLA, Ricardo, *et al.* Influence of Cleaning Time in Household Reservoirs on Trihalomethane Formation in Treated Water. *Journal of Water Resource and Protection* [En Línea]. Noviembre 2019, vol.11, n.º 11. [Fecha de consulta: 23 de abril de 2021]. Disponible en: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=96531>  
ISSN: 1389-1397

ANG, Wei y MOHAMMAD, Abdul. State of the art and sustainability of natural coagulants in water and wastewater treatment. *Journal of Cleaner Production* [en línea]. 20 de julio de 2020, vol. 262, n.º. 1. [Fecha de consulta: 6 mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620313147> ISSN: 0959-6526

ARIAS, Arnol, *et al.* Tratamiento de Aguas Residuales de una Central de Sacrificio: Uso del Polvo de la Semilla de la M. Oleífera como Coagulante Natural. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* [En Línea]. 2017, vol. 15. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2021]. Disponible en:

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S169235612017000300004&script=sci\\_abstr act&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S169235612017000300004&script=sci_abstr act&tlng=es).

ISSN 1692-3561

BELLO, Adedayo, *et al.* Aminomethylation of spruce tannins and their application as coagulants for water clarification. *Separation and Purification Technology* [en línea]. 2020, vol. 242. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.116765>.

ISSN 18733794.

BERNAL, César. Metodología de la investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales. [En Línea]. 3.<sup>a</sup> ed. Bogotá-Colombia: Pearson, 2010 [Fecha de consulta: 06 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>

ISBN: 9789586991285

CALDERÓN, Jesús. Diferentes estrategias para minimizar la contaminación por plaguicidas de aguas superficiales y residuales en zonas olivareras. Tesis (Doctoral). Sevilla: Universidad de Sevilla, Facultad de Química, 2017. Disponible en: <https://digital.csic.es/handle/10261/161915>

CANAZA, Gabi y MAMANI, Yasel. Revisión del uso de coagulantes naturales para remoción de turbidez de agua. Tesis (bachiller en Ingeniería Ambiental). Juliaca: Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2020. Disponible en: [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UEPU\\_ec5d35be403127bec1f616486d0d9b8b](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UEPU_ec5d35be403127bec1f616486d0d9b8b).

CASTILLO, Marcial y AVENDAÑO, Edgardo. Efecto de las Semillas de Moringa (Moringa oleifera) en las Condiciones para la Clarificación del Agua del Río Sama. *Rev. Soc. Quím. Perú* [en línea]. 2020, vol. 86, n°. 1. [Fecha de consulta: 16 de octubre de



2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v86i1.272>.  
ISSN 1810-634X

CONTRERAS, Karen, *et al.* El Nopal (Opuntia Ficus-Indica) como Coagulante Natural Complementario en la Clarificación de Agua. *Rev. P+L* [En Línea]. 2015, vol.10, n°.1. [Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2021]. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1909-04552015000100004&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1909-04552015000100004&lng=en&nrm=iso&tlng=es).

ISSN 1909-0455.

CUSICHE, Leoncio y MIRANDA, Gloria. Contaminación por aguas residuales e indicadores de calidad en la reserva nacional 'Lago Junín', Perú. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* [En Línea]. 2019, vol.10, n°.6. [Fecha de consulta: 14 de noviembre de 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v10n6/2007-0934-remexca-10-06-1433.pdf>

DAYARATHNE, HNP, *et al.* Removal of natural organic matter from source water: Review on coagulants, dual coagulation, alternative coagulants, and mechanisms. *Journal of Water Process Engineering* [En Línea]. Vol. 40. Abril 2021, [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214714420306978>

ISSN: 2214-7144

DAZA, Rafael y CAMPAÑA, Sixto. Sistema IoT con UAV y GPR para identificar zonas con aguas residuales en el departamento de la Guajira - Colombia. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería* [en línea] 2020, vol. 1, n° 1. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2021]. Disponible en <https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/download/808/813>.

DOTTO, Juliana, *et al.* Desempeño de Diferentes Coagulantes en el Proceso de Coagulación / Floculación de Aguas Residuales Textiles. *Revista de producción más limpia* [En Línea]. 2018, vol. 208. [Fecha de consulta: 14 de noviembre de

2021]. Disponible

en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652618331263>.

ESCOBAL, Lizbeth, *et al.* Eficiencia del tejido vegetal de *Armatocereus rauhii subsp. balsasensis* (F. Ritter) Ostolaza y *Espostoa mirabilis* F. Ritter (Cactaceae) en la remoción de sólidos suspendidos totales en el agua para consumo humano del distrito de Balzas - Amazonas. *Arnaldoa* [En Línea]. 2020, vol.27, n°.1 [Fecha de consulta: 18 de noviembre de 2021]. Disponible en:

<http://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.271.27108>.

ISSN 1815-8242

FARD, Moein, *et al.* Utilization of Alyssum Mucilage as a Natural Coagulant in Oily-Saline Wastewater Treatment. *Journal of Water Process Engineering* [en línea].2021,vol. 40. [Fecha de consulta: 16 de octubre de 2021]. Disponible en:

<https://en.x-mol.com/paper/article/1323712350187130880>.

ISSN 22147144.

FERIA, Jhon, MERCADO, Teobaldis y JOVE, Fernando. Uso del quitosano como coagulante natural en el tratamiento de aguas: una breve revisión. *Revista Espacios* [en línea]. Colombia, agosto 2020, vol. 41, n.º 32. [Fecha de consulta: 22 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.revistaespacios.com/a20v41n32/a20v41n32p10.pdf>

ISSN: 0798-1015

FERNANDEZ, Luz. Optimización de los procesos de coagulación y floculación en los sistemas de las plantas de tratamiento de agua potable, 2010-2020. Una revisión sistemática. Tesis (bachiller en Ingeniería Industrial). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, 2021.

Disponible

en:

[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUPN\\_3090c905efadb4a740924fe18d3f99e1](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUPN_3090c905efadb4a740924fe18d3f99e1).

FUENTES, Natalia, MOLINA, Emiro y ARIZA, Carla. Coagulantes naturales en sistemas de flujo continuo, como sustituto del  $Al_2(SO_4)_3$  para clarificación de aguas.

*Producción + Limpia* [En Línea]. Julio - Diciembre 2016, vol.11, n.º 2. [Fecha de consulta: 23 de abril de 2021]. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-04552016000200005](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552016000200005)

ISSN: 1909-0455

FÚNEQUE, Diana y YATE, Andrea. Ensayo de jarras para el control del proceso de coagulación en el tratamiento de aguas residuales industriales. *Working papers - ECAPMA* [En Línea]. 18 de Octubre 2018, Vol. 2, n.º 1. [Fecha de consulta: 24 de abril de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.22490/ECAPMA.2771>.

FREITAS, Tkfc, *et al.* Optimización del Proceso de Coagulación-Floculación para el Tratamiento de Aguas Residuales Textiles Industriales Utilizando Okra (*A. Esculentus*) Mucílago como Coagulante Natural. *Industrial Crops and Products* [En Línea].2015, vol.76. [Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2021].Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669015301904>.

GARCIA, Ana, *et al.* Separation and characterization of NOM intermediates along AOP oxidation. *Handbook of Environmental Chemistry*. *Handbook of Environmental Chemistry* [En Línea]. Diciembre 2017, vol. 67. [Fecha de consulta: 23 de abril de 2021]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Antonio-Gil-11/publication/321689791\\_Separation\\_and\\_Characterization\\_of\\_NOM\\_Intermediates\\_Alone\\_AOP\\_Oxidation/links/5a443e09a6fdcce19718bd11/Separation-and-Characterization-of-NOM-Intermediates-Along-AOP-Oxidation.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Antonio-Gil-11/publication/321689791_Separation_and_Characterization_of_NOM_Intermediates_Alone_AOP_Oxidation/links/5a443e09a6fdcce19718bd11/Separation-and-Characterization-of-NOM-Intermediates-Along-AOP-Oxidation.pdf).

GIWA, Saidat, *et al.* Textile Wastewater Treatment Using Sodom Apple (*Calotropis Procera*) - Aided Tamarind Seed as a Coagulant. *International Journal of Engineering Research in Africa* [En Línea].2017, n.º.1 [Fecha de consulta: 18 de noviembre de 2021].Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2197375086/4CB098D5AAD44B73PQ/31>.

HASSAN, RA, *et al.* Enhancement of water quality using natural coagulant in Shah Alam Lakes, Malaysia. *Earth and Environmental Science; Bristol* [En Línea].2021, n.º.1

[Fecha de consulta: 18 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1w1OEAV8Wjv4w6jprEb-SFhrNQzZ5PVe4/edit#gid=826814618>.

HEBER, M, *et al.* Proceso de tratamiento de aguas residuales de plantas de hormigón por coagulación combinando sulfato de aluminio y Moringa oleifera polvo. *Journal of Cleaner Production* [En Línea]. 2014, vol.76 n°.1 [Fecha de consulta: 2 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652614003795>.

HERNÁNDEZ, Sampieri y MENDOZA, Christian. Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. [En Línea]. 1.ª ed. México: Mc Graw Hill, 2018 [Fecha de consulta: 24 de abril de 2021]. Disponible en: [http://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/wp-content/uploads/2019/02/RUDICSv9n18p92\\_95.pdf](http://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/wp-content/uploads/2019/02/RUDICSv9n18p92_95.pdf)

ISBN: 9781456260965

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPISTA, Pilar. Metodología de la investigación. [En Línea]. 6.ª ed. México: Mc Graw Hill, 2014 [Fecha de consulta: 24 de abril de 2021]. Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

ISBN: 9781456223960

JAGABA, A.H, *et al.* Sustainable use of Natural and Chemical Coagulants for Contaminants Removal from Palm Oil mill Effluent: A Comparative Analysis. *Ain Shams Engineering Journal* [en línea]. 2020, vol. 11, n°.4. [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.01.018>.

ISSN 20904479

KAZI, Tasneem Bano y VIRUPAKSHI, Arjun. Treatment of Tannery Wastewater Using Natural Coagulants. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology* [En Línea] Enero 2013, vol. 2, n°. 8. Disponible en: [file:///C:/Users/ADMIN/Downloads/naturatanery%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/ADMIN/Downloads/naturatanery%20(1).pdf)

ISSN: 2319-8753

KWEINOR, Emmanuel y RATHILAL, Sudesh. Application of Organic Coagulants in Water and Wastewater Treatment. *Intech* [en línea]. 2019. [Fecha de consulta: 08 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.intechopen.com/chapters/65706>.

KUMAR, Vicky , OTHMAN, Norzila y AZHARUDDIN, Syazwani. Applications of Natural Coagulants to Treat Wastewater - A Review. *MATEC Web of Conferences*. [En Línea] abril 2017, vol. 103. [Fecha de consulta: 24 de abril de 2021]. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2057191116?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true>

ISSN: 2274-7214

LARA, Kimberley , CRUZ, Ismael y LI, Yanmei. Estudio de la contaminación de flúor en el agua subterránea del acuífero de la cuenca alta del Rio Laja. *Jóvenes en la Ciencia. Revista de Divulgación científica* [en línea] Enero 2017, Vol. 1, n.º 1. [Fecha de consulta: 6 de mayo del 2021]. Disponible en: <http://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/1243/869>

ISSN: 2448-5144

LI, Peiyue y WU, Jianhua. Drinking Water Quality and Public Health. *Exposure and Health* [en línea]. Febrero 2019, Vol. 11, n.º 2 [Fecha de consulta: 6 de mayo del 2021]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Peiyue-Li/publication/330851255\\_Drinking\\_Water\\_Quality\\_and\\_Public\\_Health/links/5cecc89f299bf109da7511c4/Drinking-Water-Quality-and-Public-Health.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Peiyue-Li/publication/330851255_Drinking_Water_Quality_and_Public_Health/links/5cecc89f299bf109da7511c4/Drinking-Water-Quality-and-Public-Health.pdf)

ISSN 2451-9685

LOPES, Gustavo, *et al.* Rendimiento de coagulantes naturales obtenidos a partir de residuos agroindustriales en el tratamiento de aguas residuales lácteas mediante flotación por aire disuelto. *Revista de ingeniería de procesos de agua* [En Línea]. 2020, vol. 37. [Fecha de consulta: 14 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214714420303317>.

LUN, Wei y WAHAB, Abdul. State of the art and sustainability of natural coagulants in water and wastewater treatment. *Journal of Cleaner Production* [En Línea]. Julio 2020, vol. 262, n.º1 [Fecha de consulta: 23 de abril de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620313147#>.  
ISSN: 0959-6526

MAHMOOD, Nac, ZAKI, Zzm. The Effectiveness of Raw and Dried Artocarpus Heterophyllus (Jackfruit) Seed as Natural Coagulant in Water Treatment. *Materials Science and Engineering; Bristol* [En Línea]. 2019, n.º.1 [Fecha de consulta: 18 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2561228969/E2AAE4226861407EPQ/3>.

MALDONADO, Ricardo. Contaminación de aguas residuales por efluentes generados en el campus universitario de la Universidad Andina Néstor Cáceres. *Revista Científica Investigación Andina* [en línea]. 2019, vol. 19, n.º 2. [Fecha de consulta: 6 mayo de 2021]. Disponible en: <https://revistas.uancv.edu.pe/index.php/RCIA/article/view/794>.

MANIKANDAN, P, et al. Surface Water Pollution Study for Chinnandipalayam Lake, Tirupur and Remedial Measure by Wastewater Treatment. *Materials Science and Engineering; Bristol* [En Línea]. 2021, n.º.1 [Fecha de consulta: 18 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2535697601/4CB098D5AAD44B73PQ/13>.

MAURYA, Sandhya y DAVEREY, Achlesh. Evaluation of Plant-Based Natural Noagulants for Municipal Wastewater Treatment. *3 Biotech* [en línea]. 2018, vol. 8. [Fecha de consulta: 2 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13205-018-1103-8>.

MENKITI, Matthew y EJIMOFOR, Marcel. Aplicación Experimental y de Redes Neuronales Artificiales sobre la Optimización de la Coagulación del Efluente de Pintura (PE) Utilizando el Nuevo Extracto de Cáscara de *Achatinoidea* (ASE). *Revista de ingeniería de procesos de agua* [En Línea]. 2016, vol. 10. [Fecha de consulta: 14 de

noviembre de 2021]. Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214714415300477>.

MERA, Carlos, *et al.* Efecto de la Moringa Oleífera en el Tratamiento de Aguas Residuales en el Cauca, Colombia. *Rev.Bio.Agro* [En Línea].2015, vol.14, n°.2. [Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2021].Disponible en:  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-35612016000200012](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612016000200012).

ISSN 1692-3561

MOHD, S, *et al.* Enhanced water treatment by Moringa oleifera seeds extract as the bio-coagulant: role of the extraction method. *Journal of Physics: Conference Series; Bristol* [En Línea].2018, n°.1 [Fecha de consulta: 18 de noviembre de 2021].Disponible en:  
<https://www.proquest.com/docview/2572137613/F6FF9D495F1C4AB7PQ/1?accountid=37408&forcedol=true>.

MOMENI, Meysam et al. Using Chitosan/CH PAC as coagulant to remove color and turbidity of industrial wastewater: Optimization through RSM design. *Journal of Environmental Management* [en línea] abril 2018, vol. 211. [Fecha de consulta: 6 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.01.031>.  
ISSN 1095-8630.

MUHAMMAD, Arbanah, *et al.* Performance Study of Watermelon Rind as Coagulants for the Wastewater Treatment. *Journal of Physics: Conference Series; Bristol* [En Línea]. 2020. [Fecha de consulta: 18 de noviembre de 2021].Disponible en:  
<https://www.proquest.com/docview/2557276950/CCE989256FB24CD7PQ/4>.

ISSN 17426588

NATH, Amar y MISHRA, Anamica y PANDE, Poorn. A review natural polymeric coagulant in wastewater treatment. *Materials Today: Proceedings*. [En línea] Abril 2020. [Fecha de consulta: 12 de mayo del 2021]. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.03.551>

ISSN 2214-7853.

NGUYEN, Hoa y THI, Cao. Enhanced water treatment by Moringa oleifera seeds extract as the bio-coagulant: role of the extraction method. *Research and Technology* [En Línea]. 2018, n° 7 [Fecha de consulta: 18 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2179790831/D0B71CDAC98F40A5PQ/1>.

NONFODJI, Odilon, *et al.* Desempeño de la Proteína de Semillas de Moringa Oleifera y Coagulante Compuesto de Proteína de Semillas de Moringa Oleifera - Cloruro de Polialuminio en la Eliminación de Materia Orgánica y Bacterias Resistentes a los Antibióticos de las Aguas Residuales de los Hospitales. *Revista de ingeniería de procesos de agua* [En Línea]. 2020, vol. 33. [Fecha de consulta: 14 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1w1OEAV8Wjv4w6jprEb-SFhrNQzZ5PVe4/edit#gid=826814618>.

NOVITA, Elida, *et al.* Moringa Seeds (Moringa Olifera L.) Application as Natural Coagulant in Coffee Wastewater Treatment. *Earth and Environmental Science*; Bristol [En Línea]. 2019, n° 1 [Fecha de consulta: 18 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1w1OEAV8Wjv4w6jprEb-SFhrNQzZ5PVe4/edit#gid=826814618>.

ÑAUPAS, Metodología de la investigación Cuantitativa-Cualitativa y Redacción de la Tesis [En Línea] 5.ª ed. Bogotá-Colombia: Ediciones de la U. 2018. [Fecha de consulta: 12 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://corladancash.com/wp-content/uploads/2020/01/Metodologia-de-la-inv-cuanti-y-cuali-Humberto-Naupas-Paitan.pdf>

ISBN 9789587628760

OKUNLOLA, Banke *et al.* effect of carica papaya materials on microbial and physicochemical qualities of river, stream and pond water. *Polish journal of natural sciences* [En línea]. 2020. [fecha de consulta: 14 de noviembre de 2021]. disponible



en:<http://www.uwm.edu.pl/polish-journal/sites/default/files/issues/articles/3-okunlola.pdf>.

OLIVEIRA, Av *et al.* Extracción de taninos de la corteza de Pinus spp tratada térmicamente - aplicación como adhesivo. *Biogerontología* [En Línea]. 2017. [Fecha de consulta: 14 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.yeastgenome.org/reference/S000185302>.

ORTEGA, Angie, CÁCERES, Laura y CASTIBLANCO, Luis. Introducción al uso de coagulantes naturales en los procesos de potabilización de agua. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo* [en línea] 2020, vol. 2, n.º 1. [Fecha de consulta: 6 de mayo del 2021]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/351351839\\_INTRODUCCION\\_AL\\_USO\\_DE\\_COAGULANTES\\_NATURALES\\_EN\\_LOS\\_PROCESOS\\_DE\\_POTABILIZACION\\_DEL\\_AGUA](https://www.researchgate.net/publication/351351839_INTRODUCCION_AL_USO_DE_COAGULANTES_NATURALES_EN_LOS_PROCESOS_DE_POTABILIZACION_DEL_AGUA)

PRIYA, Tanwi *et al.* Effect of biofloculants on the coagulation activity of alum for removal of trihalomethane precursors from low turbid water. *Journal of Environmental Sciences (China)* [en línea] Agosto de 2018, vol. 70, n.º. 1. [Fecha de consulta: 2 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1001074217309038?via%3Dihub>

ISSN 1878-7320.

PRABHAKARAN, G, *et al.* Tratamiento de Efluentes Textiles mediante Coagulantes Naturales. *Proceedings* [En Línea]. 2020, vol.33. [Fecha de consulta: 18 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785320318034#!>.

RASSOL, Mohammad, *et al.* Use of a plant-based coagulant in coagulation–ozonation combined treatment of leachate from a waste dumping site. *Ecological Engineering* [En Línea]. 2016, vol. 90. [Fecha de consulta: 14 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092585741630057X>.

RÍOS-TOBÓN, Sandra y AGUDELO-CADAVID, Ruth y GUTIÉRREZ-BUILES, Lina. Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública* [en línea] Agosto 2017, vol. 35, n.º 2. [Fecha de consulta: 8 de mayo del 2021]. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-386X2017000200236](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-386X2017000200236)

ISSN: 0120-386X

RIVERA, Daniela. Diagnóstico jurídico de las aguas residuales. *Revista Lus et Praxis* [en línea] 2015, vol. 1, n.º 2. [Fecha de consulta: 11 de mayo del 2021]. Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-00122015000200007&lng=es&nrm=iso](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-00122015000200007&lng=es&nrm=iso)

ISSN 0718-0012

RODIÑO, Paola, *et al.* Tratamiento de Agua Cruda del Río Sinú con extractos Coagulantes Naturales. *Rev.fac.ing.univ. Antioquia*. [En Línea].2015, n.º.76. [Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.17533/udea.redin.n76a11>

ISSN 0120-6230.

SCHAEFFER, Julien *et al.* Improving the efficacy of sewage treatment decreases norovirus contamination in oysters. *International Journal of Food Microbiology* [En línea] Diciembre 2018, vol. 286 [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://archimer.ifremer.fr/doc/00450/56140/57707.pdf>.

ISSN: 1879-3460

SHARMA, Ritika *et al.* RhIII-Catalyzed Dehydrogenative Coupling of Quinoline N-Oxides with Alkenes: N-Oxide as Traceless Directing Group for Remote C–H Activation. *Eur. J. Org. Chem* [En Línea]. 2015. [Fecha de consulta: 14 de noviembre de 2021]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/285592027\\_Sharma\\_et\\_alEuropean\\_Journal\\_of\\_Organic\\_Chemistry\\_2\\_15](https://www.researchgate.net/publication/285592027_Sharma_et_alEuropean_Journal_of_Organic_Chemistry_2_15).

SHENDE, Prabhakar, *et al.* Application of Aloe vera mucilage as bioflocculant for the treatment of textile wastewater: process optimization. *Department of Biomedical Sciences* [En Línea]. 2020, n°.1 [Fecha de consulta: 18 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://iwaponline.com/wst/article/82/11/2446/77905/Application-of-Aloe-vera-mucilage-as-bioflocculant>.

TRUJILLO, Daniela, *et al.* Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación / floculación usando almidón de plátano. *Revista ION* [en línea]. 2014, vol. 27, no. 1. [Fecha de consulta: 08 de noviembre de 2021]. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-100X2014000100003](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-100X2014000100003).

ISSN 0120-100X.

VALVERDE, Karina, *et al.* Combined water treatment with extract of natural Moringa oleifera Lam and synthetic coagulant. *Revista Ambiente & Agua* [En Línea]. 2018, vol. 13 n°.3 [Fecha de consulta: 18 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2058577631/4CB098D5AAD44B73PQ/14>.

VARKEY, Alakaparampil. Purification of River Water Using Moringa Oleifera Seed and Copper for Point-of-Use Household Application. *Scientific African* [En Línea]. 2020. [Fecha de consulta: 14 de noviembre de 2021]. Disponible en: [file:///C:/Users/ADMIN/Downloads/Purification of River Water Using Moringa Oleifera.pdf](file:///C:/Users/ADMIN/Downloads/Purification%20of%20River%20Water%20Using%20Moringa%20Oleifera.pdf).

VIDAL, María y ORAMAS, Jehová y BORROTO, Radamés. Revisiones sistemáticas. *Educación Médica Superior* [en línea] Enero-marzo 2015, vol. 29, n°. 1. [Consulta: 6 mayo 2021]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/ems/v29n1/ems19115.pdf>.

VIGNESWARAN, Sivakumar *et al.* Optimization of sustainable chitosan/Moringa oleifera as coagulant aid for the treatment of synthetic turbid water – A systemic study. *Environmental Chemistry and Ecotoxicology* [En línea], 2020, vol. 2, n°. 1. [Fecha de consulta: 26 de abril de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590182620300199> ISSN

2590-1826

YIMER, Anwar y DAME, Bayisa. Papaya seed extract as coagulant for potable water treatment in the case of Tulte River for the community of Yekuset district, Ethiopia. *Environmental Challenges* [en línea]. 2021, vol. 4. .[Fecha de consulta: 08 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100198>. ISSN 26670100.

YNOFUENTE, Lizbeth y CONDORI, Magali. Uso de coagulantes naturales como alternativa de reducción de la turbidez. (Tesis de grado) Perú: Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería Ambiental, 2020. Disponible en: [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UEPU\\_23ce91fa54a4311569fe5db1844c5625](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UEPU_23ce91fa54a4311569fe5db1844c5625).

Z Aid, Aziz, *et al.* Experimental Optimization of Moringa oleifera seed powder as bio-coagulants in water treatment process. *SN Applied Sciences* [En Línea]. 2019, n°.1 [Fecha de consulta: 18 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2572137613/F6FF9D495F1C4AB7PQ/1?accountid=37408&forcedol=true>.

ZAINOL, NA, *et al.* Surface Water Treatment Using Tamarind Seed as Coagulants via Coagulation Process. *Materials Science and Engineering* [En Línea]. 2020, n°.1 [Fecha de consulta: 18 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2562530516/4CB098D5AAD44B73PQ/30>.

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de categorización apriorística

Ámbito Temático	Problemas	Objetivos	Categorías	Subcategorías	Método
<p>BENEFICIOS DEL USO DE COAGULANTES NATURALES EN EL TRATAMIENTO DE CLARIFICACIÓN DE AGUAS</p>	<p><b>General</b> ¿De qué manera se utilizaron los coagulantes naturales para la clarificación de aguas superficiales y residuales?</p>	<p><b>General</b> Describir la utilización de coagulantes naturales para la clarificación de aguas superficiales y residuales.</p>	<p><i>Fuente de agua</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Superficial</li> <li>- Residual</li> </ul>	<p><b>Tipo:</b> Revisión sistemática</p>
	<p><b>Específicos</b> - ¿Qué características fisicoquímicas presentan las aguas superficiales y residuales?</p>	<p><b>Específicos</b> - Describir las características fisicoquímicas de las aguas superficiales y residuales.</p>	<p><i>Características fisicoquímicas</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Turbidez (NTU)</li> <li>- Color (PCU)</li> <li>- Materia orgánica (DQO)</li> </ul>	<p><b>Nivel:</b> Descriptivo</p>
	<p>- ¿Cuáles son las fuentes orgánicas utilizadas en el desarrollo de coagulantes naturales para la clarificación de aguas superficiales y residuales?</p>	<p>- Identificar las fuentes orgánicas utilizadas en el desarrollo de coagulantes naturales para la clarificación de aguas superficiales y residuales.</p>	<p><i>Fuentes orgánicas</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agente coagulante</li> <li>- Materia prima (fuente de extracción)</li> </ul>	<p><b>Participantes:</b> Artículos científicos</p>
	<p>- ¿Cuáles son las condiciones operacionales para el uso de coagulantes naturales para la clarificación de aguas superficiales y residuales?</p>	<p>- Describir las condiciones operacionales para el uso de coagulantes naturales para la clarificación de aguas superficiales y residuales.</p>	<p><i>Condiciones operacionales</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dosis</li> <li>- pH</li> <li>- Velocidades de mezcla</li> <li>- Tiempos de: coagulación, floculación y sedimentación.</li> </ul>	<p><b>Escenario de estudio:</b> ScienceDirect, Scielo, Proquest.</p>

## **Anexo 2. Instrumentos de recolección de información**

**Objetivo:** Recabar información sistemática de las principales fuentes o plataformas indexadas sobre los coagulantes naturales para la clarificación y tratamiento de aguas residuales y superficiales.

**Instrucciones:** Complete cada ítem según la información encontrada en cada una de las plataformas o fuentes indexadas.

<b>N.º</b>	<b>Fuente</b>	<b>Idioma</b>	<b>Autor(es)</b>	<b>Año</b>	<b>Plataforma indexada</b>	<b>Enlace</b>
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						

### Anexo 3: Instrumento de recolección de Información

N°	FUENTE	IDIOMA	AUTOR	AÑO	PLATA-FORMA INDEXADA	ENLACE
1	ARTÍCULO	ESPAÑOL	Arias et al.	2017	SCIELO	<a href="http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-35612017000300004&amp;script=sci_abstract&amp;tlng=es">http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-35612017000300004&amp;script=sci_abstract&amp;tlng=es</a>
2	ARTÍCULO	ESPAÑOL	Aguirre et al.	2018	SCIELO	<a href="https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S0718-07642018000300059&amp;lng=en&amp;nrm=iso&amp;tlng=en">https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S0718-07642018000300059&amp;lng=en&amp;nrm=iso&amp;tlng=en</a>
3	ARTÍCULO	ESPAÑOL	Fuentes, Molina, y Ariza	2016	SCIELO	<a href="http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S1909-04552016000200005">http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S1909-04552016000200005</a>
4	ARTÍCULO	ESPAÑOL	Castillo y Avendaño	2020	SCIELO	<a href="http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S1810-634X2020000100047&amp;lng=es&amp;nrm=iso&amp;tlng=es">http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S1810-634X2020000100047&amp;lng=es&amp;nrm=iso&amp;tlng=es</a>
5	ARTÍCULO	ESPAÑOL	<i>Banchon et al</i>	2016	SCIELO	<a href="http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_abstract&amp;pid=S1390-65422016000400111&amp;lng=pt&amp;nrm=iso">http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_abstract&amp;pid=S1390-65422016000400111&amp;lng=pt&amp;nrm=iso</a>
6	ARTÍCULO	ESPAÑOL	Trujillo et al	2014	SCIELO	<a href="http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S0120-100X2014000100003">http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S0120-100X2014000100003</a>
7	ARTÍCULO	ESPAÑOL	Contreras et al.	2015	SCIELO	<a href="http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&amp;pid=S1909-04552015000100004&amp;lng=en&amp;nrm=iso&amp;tlng=es#:~:text=Aplicando%20una%20cantidad%20m%C3%A1xima%20de,efectivas%20entre%2096%2D98%20%25.">http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&amp;pid=S1909-04552015000100004&amp;lng=en&amp;nrm=iso&amp;tlng=es#:~:text=Aplicando%20una%20cantidad%20m%C3%A1xima%20de,efectivas%20entre%2096%2D98%20%25.</a>
8	ARTÍCULO	ESPAÑOL	Rodiño et al.	2015	SCIELO	<a href="http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_ab">http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_ab</a>

						<a href="http://www.scielo.org.co/stract&amp;pid=S0120-62302015000300011&amp;lng=es&amp;nrm=is">stract&amp;pid=S0120-62302015000300011&amp;lng=es&amp;nrm=is</a>
9	ARTÍCULO	ESPAÑOL	Mera et al	2016	SCIELO	<a href="http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S1692-35612016000200012">http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S1692-35612016000200012</a>
10	ARTÍCULO	INGLÉS	Teh et al	2014	SCIENCE DIRECT	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092585741400295X">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092585741400295X</a>
11	ARTÍCULO	INGLÉS	Freitas et al	2015	SCIENCE DIRECT	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669015301904">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669015301904</a>
12	ARTÍCULO	INGLÉS	Nonfodji et al	2020	SCIENCE DIRECT	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214714419316897">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214714419316897</a>
13	ARTÍCULO	INGLÉS	Keogh et al	2017	SCIENCE DIRECT	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X17308757">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X17308757</a>
14	ARTÍCULO	INGLÉS	Hamid et al	2014	SCIENCE DIRECT	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0964830514002030">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0964830514002030</a>
15	ARTÍCULO	INGLÉS	Rasool et al	2016	SCIENCE DIRECT	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092585741630057X">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092585741630057X</a>
16	ARTÍCULO	INGLÉS	Menkiti y Ejimofor	2016	SCIENCE DIRECT	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214714415300477">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214714415300477</a>
17	ARTÍCULO	INGLÉS	Lopes et al	2020	SCIENCE DIRECT	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214714420303317">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214714420303317</a>
18	ARTÍCULO	INGLÉS	Dotto et al.	2018	SCIENCE DIRECT	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652618331263">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652618331263</a>
19	ARTÍCULO	INGLÉS	Momeni, Meysam et al	2018	SCIENCE DIRECT	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652622331263">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652622331263</a>
20	ARTÍCULO	INGLÉS	Priya Et al	2018	SCIENCE DIRECT	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652618333263">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652618333263</a>



21	ARTÍCULO	INGLÉS	Vigneswaran et al	2020	SCIENCE DIRECT	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652238331263">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652238331263</a>
22	ARTÍCULO	INGLÉS	Ang y Mohammad	2020	SCIENCE DIRECT	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959852618331263">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959852618331263</a>
23	ARTÍCULO	INGLÉS	Dayarathne et al	2021	SCIENCE DIRECT	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0976652618331263">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0976652618331263</a>
24	ARTÍCULO	INGLÉS	Li, Peiyue Y Wu, Jianhua	2019	SCIENCE DIRECT	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652668331263">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652668331263</a>
25	ARTÍCULO	INGLÉS	Siswoyo et al	2021	PROQUEST	<a href="https://www.proquest.com/docview/2557523695/CCE989256FB24CD7PQ/1?accountid=37408">https://www.proquest.com/docview/2557523695/CCE989256FB24CD7PQ/1?accountid=37408</a>
26	ARTÍCULO	INGLÉS	Shahimi et al	2021	PROQUEST	<a href="https://www.proquest.com/docview/2535688725/CCE989256FB24CD7PQ/2?accountid=37408">https://www.proquest.com/docview/2535688725/CCE989256FB24CD7PQ/2?accountid=37408</a>
27	ARTÍCULO	INGLÉS	Maurya et al	2018	PROQUEST	<a href="https://www.proquest.com/docview/1992795709/CCE989256FB24CD7PQ/3?accountid=37408">https://www.proquest.com/docview/1992795709/CCE989256FB24CD7PQ/3?accountid=37408</a>
28	ARTÍCULO	INGLÉS	Muhammad et al	2020	PROQUEST	<a href="https://www.proquest.com/docview/2557276950/CCE989256FB24CD7PQ/4?accountid=37408">https://www.proquest.com/docview/2557276950/CCE989256FB24CD7PQ/4?accountid=37408</a>
29	ARTÍCULO	INGLÉS	de Oliveira et al	2017	PROQUEST	<a href="https://www.proquest.com/docview/2549479446/CCE989256FB24CD7PQ/5?accountid=37408">https://www.proquest.com/docview/2549479446/CCE989256FB24CD7PQ/5?accountid=37408</a>
30	ARTÍCULO	INGLÉS	Daveray et al	2019	PROQUEST	<a href="https://www.proquest.com/docview/2139368642/CCE989256FB24CD7PQ/6?accountid=37408">https://www.proquest.com/docview/2139368642/CCE989256FB24CD7PQ/6?accountid=37408</a>
31	ARTÍCULO	INGLÉS	Quintero-Jaramillo et al	2017	PROQUEST	<a href="https://www.proquest.com/docview/1892573625/CCE989256FB24CD7PQ/7?accountid=37408">https://www.proquest.com/docview/1892573625/CCE989256FB24CD7PQ/7?accountid=37408</a>
32	ARTÍCULO	INGLÉS	Novita et al	2019	PROQUEST	<a href="https://www.proquest.com/docview/2558012921/CCE989256FB24CD7PQ/8?accountid=37408">https://www.proquest.com/docview/2558012921/CCE989256FB24CD7PQ/8?accountid=37408</a>

33	ARTÍCULO	INGLÉS	Prihatinnin gtyas	2019	PROQUEST	<a href="https://www.proquest.com/docview/2557874398/C340655E3F2B4E9BPQ/4?accountid=37408">https://www.proquest.com/docview/2557874398/C340655E3F2B4E9BPQ/4?accountid=37408</a>
34	ARTÍCULO	INGLÉS	Fenditasari et al	2019	PROQUEST	<a href="https://www.proquest.com/docview/2558003768/C340655E3F2B4E9BPQ/5?accountid=37408">https://www.proquest.com/docview/2558003768/C340655E3F2B4E9BPQ/5?accountid=37408</a>
35	ARTÍCULO	INGLÉS	Siswoyo et al	2021	PROQUEST	<a href="https://www.proquest.com/docview/2557523695/C340655E3F2B4E9BPQ/6?accountid=37408">https://www.proquest.com/docview/2557523695/C340655E3F2B4E9BPQ/6?accountid=37408</a>
36	ARTÍCULO	INGLÉS	Dollah et al	2019	PROQUEST	<a href="https://www.proquest.com/docview/2568076817/C340655E3F2B4E9BPQ/8?accountid=37408">https://www.proquest.com/docview/2568076817/C340655E3F2B4E9BPQ/8?accountid=37408</a>
37	ARTÍCULO	INGLÉS	Alenazi et al	2020	PROQUEST	<a href="https://www.proquest.com/docview/2562608349/C340655E3F2B4E9BPQ/3?accountid=37408">https://www.proquest.com/docview/2562608349/C340655E3F2B4E9BPQ/3?accountid=37408</a>
38	ARTÍCULO	INGLÉS	Gaikwad et al	2019	PROQUEST	<a href="https://www.proquest.com/docview/2252643384/2E4BE90DC7284C5FPQ/1?accountid=37408">https://www.proquest.com/docview/2252643384/2E4BE90DC7284C5FPQ/1?accountid=37408</a>
39	ARTÍCULO	INGLÉS	Siong-Chin et al	2019	PROQUEST	<a href="https://www.proquest.com/docview/2550473008/CCE989256FB24CD7PQ/9?accountid=37408">https://www.proquest.com/docview/2550473008/CCE989256FB24CD7PQ/9?accountid=37408</a>
40	ARTÍCULO	INGLÉS	Calabkova et al	2020	PROQUEST	<a href="https://www.proquest.com/docview/2555216867/CCE989256FB24CD7PQ/10?accountid=37408">https://www.proquest.com/docview/2555216867/CCE989256FB24CD7PQ/10?accountid=37408</a>

#### Anexo 4: Proceso de Revisión Sistemática y Procedimientos

<b>PROCESO DE REVISIÓN SISTEMÁTICA Y PROCEDIMIENTOS</b>			
<b>PRIMERA FASE</b>			
<b>Búsqueda de información de la plataforma de búsqueda.</b>			
	<b>Aguas residuales”, “Aguas Superficiales”, “Coagulantes Naturales”, “Clarificación de aguas Residuales y Superficiales”,</b>		
<b>PLATAFORMA DE BÚSQUEDA</b>	<b>SciELO</b>	<b>Science Direct</b>	<b>Proquest</b>
<b>SEGUNDA FASE</b>			
<b>SELECCIÓN DE LA INFORMACIÓN</b>			
<b>PRIMER FILTRO</b>			
<b>SELECCIÓN DE DOCUMENTOS POR IDIOMA</b>	<b>IDIOMAS SELECCIONADOS: INGLÉS ( ) - ESPAÑOL ( )</b>		
<b>SEGUNDO FILTRO</b>			
<b>SELECCIÓN DE DOCUMENTOS POR FECHA</b>	<b>AÑOS: 2015 – 2021 ( )</b>		
<b>TERCER FILTRO</b>			
<b>ARTÍCULOS DE INTERÉS</b>	<b>Clarificación de aguas Residuales y Superficiales con Coagulantes Naturales ( )</b>		
<b>TERCERA FASE</b>			
<b>Análisis de la información</b>			