



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Eficiencia de la goma de *Caesalpinia spinosa* (tara) como  
coagulante en aguas residuales industriales**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:  
Bachiller en Ingeniería Ambiental

**AUTORAS:**

Alvarado Chilcon, Janeth (ORCID:0000-0003-1131-0365)

Manayay Peralta, Jheyemi (ORCID: 0000-0002-4007-7462)

**ASESORES:**

Dr. Lloclla Gonzáles, Herry (ORCID: 0000-0002-0821-7621)

Dr. Ponce Ayala, José Elías (ORCID:0000-0002-0190-3143)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de los Residuos

CHICLAYO - PERÚ

2020

## Índice de contenido

Carátula.....	i
Índice de contenido.....	ii
Índice de tablas.....	iii
Índice de figuras.....	iv
Resumen.....	v
Abstract.....	vi
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. METODOLOGÍA.....</b>	<b>3</b>
<b>III. RESULTADOS y DISCUSIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>IV. CONCLUSIONES.....</b>	<b>18</b>
<b>V. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>19</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>20</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>23</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> <i>Dosis óptima de goma de Caesalpinia spinosa (tara) para la coagulación de aguas residuales.</i> .....	11
<b>Tabla 2.</b> <i>Influencia del tiempo para la coagulación de las aguas residuales.</i> .....	12
<b>Tabla 3.</b> <i>Concentración inicial y final de la turbidez de las aguas residuales.</i> .....	13
<b>Tabla 4.</b> <i>Porcentaje de remoción de la turbidez en las aguas residuales</i> .....	13

## Índice de figuras

<i>Figura 1:</i> Flujograma del proceso para la elaboración del coagulante a base de goma de tara.....	9
--	---

## Resumen

El presente trabajo de investigación, fue elaborado con el objetivo de determinar la eficiencia de la goma de *Caesalpinia spinosa* (tara) como coagulante en aguas residuales industriales, así como identificar la dosis óptima del coagulante y especificar el porcentaje de remoción de la turbidez en las aguas residuales industriales. Esto se realizó, mediante la revisión bibliográfica de estudios realizados que han visto la importancia de emplear un coagulante natural durante la etapa de coagulación de las aguas residuales, para ello se empleó el diseño no experimental, transversal-descriptiva y con una población conformada por las aguas residuales industriales, debido que solo se observó la información para luego ser sistematizada y analizada sin manipular las variables para la investigación, es así que se concluye que la capacidad de coagulación máxima la tuvo Vilavila (2018) logrando coagular de manera eficiente con una dosis optima de 15ml del coagulante, además se recomienda tratar aguas residuales industriales con taninos de plantas endémicas que son del Perú y que tenga las características similares a la *Caesalpinia spinosa* por su efectividad en la remoción de carga, ya que es de bajo costo, efectivo y ecológico.

**Palabras clave:** goma de *Caesalpinia spinosa*, coagulante, aguas residuales

## **Abstract**

This research work was developed with the objective of determining the efficiency of *Caesalpinia spinosa* (Tara) gum as a coagulant in industrial wastewater, as well as identifying the optimal dose of the coagulant and specifying the percentage of removal of turbidity in the industrial wastewater. This was done through the bibliographic review of studies that have seen the importance of using a natural coagulant during the wastewater coagulation stage, for this purpose the non-experimental, cross-descriptive design was used and with a population made up of the Industrial wastewater, because the information was only observed to be later systematized and analyzed without manipulating the variables for the research, thus it is concluded that the maximum coagulation capacity was had by Vilavila (2018), managing to coagulate efficiently with a dose optimal 15ml of coagulant, it is also recommended to treat industrial wastewater with tannins from endemic plants that are from Peru and that has the characteristics similar to *Caesalpinia spinosa* due to its effectiveness in load removal, since it is low cost, effective and ecological.

**Keywords:** *Caesalpinia spinosa* gum, coagulant, wastewater

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente la posibilidad de tener agua dulce en todo el mundo es crítica y su accesibilidad cada día es más complicada, debido a la contaminación del recurso hídrico por micro contaminantes orgánicos, producto del incremento de materia orgánica durante las últimas décadas (Hendriks y Boelens, 2016), según los especialistas de la Organización de las Naciones Unidas [ONU], (2017), estiman que el 80 % de las aguas residuales mundiales no son liberadas de elementos contaminantes (materia orgánica, nutrientes, patógenos y entre otros) antes de ser vertidas a su lugar de destino (p. 2). A efecto produce la contaminación de la flora y fauna, la misma que posteriormente provoca enfermedades, contagios y muertes prematuras (Sánchez, 2017, párr. 3).

El agua es un recurso esencial debido a su elevada demanda para la agricultura, la industria y el empleo doméstico, los mismos que han ejercido impactos, debido a su vertimiento directo a su lugar de destino (Larios, González y Morales, 2015), y que las consecuencias se reflejarán en unos 15 años a causa del aumento demográfico, falta de planificación, educación y conciencia para el manejo y uso adecuado del agua (Agudelo, 2005).

Revelo, Proaño y Banchón (2015) manifiestan que la industria textil realiza una inapropiada disposición de sus residuos, ya que los efluentes son vertidos a los cuerpos de agua, por ello los autores realizaron un tratamiento de remediación de biocoagulación, usando la planta C.S para tratar aguas residuales de textileras con alta carga orgánica. Se concluyó que la coagulación empleado la C.S se obtuvo 85% menos lodo que el coagulante químico, además redujo la materia orgánica dispersa en el agua residual (1050 mg/L) en un 52%.

Para Pérez y Sambrano (2019), manifestaron que “en el Perú la contaminación del agua es uno de los mayores problemas ambientales”, y según Sánchez (2017) exclamó que a pesar de la existencia de entes fiscalizadores, la principal dificultad es la carencia de conocimientos acerca de la problemática ambiental que origina el agua residual no tratada (párr. 5), por ello Notimex (2019) enfatizó que la

insuficiencia de agua limpia debe ser un fundamento para tomar atención a esta problemática que se revela a escala mundial, nacional y local.

¿Cuál es la eficiencia de la goma de *Caesalpinia spinosa* (tara) como coagulante en aguas residuales industriales?

El presente trabajo de investigación se enfocará en la eficiencia de la goma de un coagulante natural nombrado *Caesalpinia spinosa* (tara), porque reduce los contaminantes de las aguas residuales industriales, mejorando la calidad de estas, ya que su producción de lodos es menor y también el hecho de no afectar significativamente el pH del agua a tratar, además de asegurar la armonía de los cuerpos receptores.

La importancia de este trabajo será incentivar la investigación y la utilización de coagulantes naturales; la tara es una planta que se encuentra en la región Lambayeque, por ende el empleo de la goma de *Caesalpinia spinosa* como coagulante en aguas residuales industriales es económico y ecológico, además de no presentar riesgos ni daños ya que algunas sustancias químicas (sulfato de aluminio, aluminato de sodio, cloruro férrico y entre otros) utilizadas como coagulantes se han asociado a problemas de salud.

Como objetivo general tenemos, determinar la eficiencia de la goma de *Caesalpinia spinosa* (tara) como coagulante en aguas residuales industriales.

Cuyos objetivos específicos son los siguientes:

- Describir las características fisicoquímicas de la goma de *Caesalpinia spinosa*.
- Identificar la dosis óptima de la goma de *Caesalpinia spinosa* para la coagulación de aguas residuales industriales.
- Especificar el porcentaje de remoción de la turbidez en las aguas residuales industriales.

## II. METODOLOGÍA

Revelo, Proaño y Banchón (2015), proponen una solución ambientalmente amigable para dar tratamiento a las aguas residuales de textileras con alta carga orgánica, consiste en un proceso de remediación de biocoagulación que se realizó a base de extractos de la planta *Caesalpinia spinosa* o comúnmente llamada guarango en Ecuador, por ello se demostró que su uso tiene el mismo efecto estadístico que utilizando un coagulante químico como es el policloruro de aluminio 15%.

Así mismo los autores antes mencionados emplean un modelo matemático que indicó porcentajes entre 50-90% de remoción de turbidez aplicando 25 g/l de extractos de guarango y 45 g/l de zeolita por cada 700 ml de agua residual de textileras, como conclusión la coagulación natural usando extractos de *C. spinosa* generó 85% menos lodo que el coagulante químico, además removi6 altas concentraciones de materia orgánica en el agua residual (1050 mg/L) en un 52% (p. 1).

Para Sáenz (2019) tuvo como objetivo mejorar la calidad del agua residual del dren 3000, para ello utiliz6 el test de Jarras a la vez se obtuvo la dosis optima del coagulante y se utilizaron tres diferentes dosis de la goma de tara las cuales son 0.75 g (T1), 1g (T2) y 1.25 g (T3) evidenciándose que para el parámetro de pH la mejor dosis es de 1g, por ende se vuelve más acida el pH de 7.22 a 4.43, en cuanto al OD la dosis que disminuyo es de 1.25 g reduciendo levemente de 6.77 mg/l a 6.05 mg/l , siendo la dosis más efectiva de 0.75 g para disminuir los parámetros de turbidez, debido que es la más óptima para disminuir los parámetros fisicoquímicos, además se aplic6 una velocidad rápida de 300 rpm por 5 minutos, una velocidad lenta de 45 rpm por 20 minutos y un tiempo de decantación de 60 minutos . Finalmente concluyeron que emplear goma de tara reduce los parámetros fisicoquímicos en todas sus dosis (p. 10).

Bravo y Gutiérrez (2016) realizaron un proceso de coagulación donde evalúan la eficiencia de la goma de C.S. cuyo resultados demostraron reducir valores de turbidez inicial desde 42,6 NTU hasta valores mínimos de 8.92 NTU, la concentración óptima del coagulante fue de 3000 ppm ,a una velocidad de agitación

rápida menor de 200 rpm durante 1 minuto y medio ,con una agitación lenta de 45 rpm durante 25 minutos los porcentajes de remoción de turbidez fueron de hasta 79.06% a un pH aproximadamente neutro.

Vilavila (2018), determinó la remoción de la turbidez de agua del río Ayaviri, para ello empleo la goma de C.S como colaborador en la etapa de coagulación. Cuya metodología utilizada fue la prueba de jarras, a condiciones de temperatura (15° C), turbiedad (175 UNT) y pH (7.73 promedio). La dosificación tanto para sulfato de aluminio y goma de C.S fue de 45 mg/L y 15 mg/L correspondientemente a pH de 1.58 promedio, obteniendo como dosis final de 35 mg/L de sulfato de aluminio con un pH de 1.51 alcanzando disminuir la turbidez del agua a 1.14 UNT. En conclusión la goma de C.S resultó ser eficiente como colaborador del coagulante químico en la reducción de la turbidez de aguas (p. 12).

Pérez y López (2017), determinaron la eficiencia de remoción de la turbiedad del río Rímac, utilizando la goma de tara durante la fase de coagulación y floculación, para ello se analizó cuatros factores tales como pH, dosis de coagulante, velocidad de mezcla rápida y velocidad de mezcla lenta, la metodología utilizada fue la prueba de jarras, se concluyó que los cuatro factores mencionados son esenciales para la remoción de turbiedad, a una concentración de 0.1 % y una dosis óptima de 10 ml de goma de tara.

Posteriormente los indagadores argumentan, que la goma de *C. spinosa* posee una gran capacidad de acelerar la formación de flósculos, apresurando la sedimentación de los coloides, además recomiendan su uso en el tratamiento de agua potable, ya que se encuentra aprobada por el Servicio de Salud Pública europeo (p. 18).

Valeriano y Matos (2019), evaluaron la capacidad de la *Caesalpinia spinosa* como coagulante secundario en la etapa de coagulación-floculación para disminuir la turbidez de una suspensión artificial de bentonita, teniendo como coagulante primario sulfato de aluminio tipo A, su metodología utilizada fue el test de jarras, el cual logró resultados de reducción de la turbidez residual en 63.3% en el caso de 400 UNT, y de 56% en el caso de 30 UNT, por lo tanto la *C. spinosa* coopera en la

reducción de la turbidez, tanto para muestras altas y bajas, además logró reducir el 40% del coagulante primario para las pruebas con la muestra de 30 UNT (p. 299).

Dávila, Huamán, Flores, Salazar y Araujo (2018), utilizaron coagulantes naturales tales como la mashua, papa, goma de tara, penca y trigo para la clarificación de aguas turbias, a través del test de jarras con una dosis de 45 ppm, a un pH de agua de 7,5 y concentraciones de 5,3% obteniéndose valores de remoción con un 89,9% empleando coagulantes naturales, ya que son eficientes para remover turbidez y sólidos disueltos.

Según Terrones (2019, p. 8), utilizó la prueba de jarras para la coagulación-floculación en el tratamiento de aguas residuales, empleando la goma de tara en 4 dosis distintas, cuyos resultados alcanzados demostraron la eficiencia al utilizar 4g de la goma extraída de las semillas de la *C. spinosa*, además se logró un cambio significativo en los parámetros tanto para pH de 7.41, turbidez 54.84 %, conductividad eléctrica 0.383 mS/cm, DQO 99.11% y la DBO 97.72%.

Ramírez (2017), realizó un tratamiento a las aguas residuales del dren 4000 de Santa Rosa de Lambayeque, utilizando la metodología de prueba de jarras con una muestra de 8 litros de agua residual, para la primera prueba de jarras los resultados fueron muy bajos, y en la segunda prueba hubo cambios significativos respecto a la DBO 69.29%, DQO 58.70%, SST 53.88% y la turbidez 53.88%, por lo tanto se consiguió mejorar la calidad del agua.

En la presente investigación se recopila algunas bases teóricas para la comprensión del trabajo.

#### La tara (*Caesalpinia spinosa*)

Como afirma López, et al. (2011), “El Perú es el suministrador de tara con un 80%, la mayor parte se encuentra en los Andes y en la parte sierra, el país tiene una diversidad de climas y tipos de suelo que se cultiva, por ende se tiene parte del año el cultivo” (p. 25). La tara es una leguminosa que tiene como nombre científico *Caesalpinia spinosa*, es conocida comúnmente como taya o tara (Bonilla, López, Carbajal y Siles, 2016).

Sus características es que mide de 8 a 12 centímetros de altura, tiene raíz y se hunde a la tierra, también posee frutos y estos son en vainas, al pasar del tiempo sus vainas que fueron verdes, toman la tonalidad de rojo (De la Torre, 2018).

#### Goma de tara

La goma de *Caesalpinia spinosa*, es una harina de semillas de tara, donde el endospermo seco de la semilla, es molido hasta convertirlo en harina (Ferrari, Paulet y Reyes, 2013). Del mismo modo Basurto (2009), manifiesta que es un tanino que sale del fruto de las vainas y esta contiene semillas llamado endospermo, se caracteriza por ser un polvo blanco amarillento sin olor y sin sabor; al mezclarse con el agua ya sea fría o caliente forma una consistencia espesa y pegajosa.

Para Valeriano y Matos (2019), es un coagulante que remueve la turbidez en aguas residuales de tipo industrial, además de ser aprobada por el Servicio de Salud Publica en Europa, para el uso en el tratamiento de agua potable y tiene como ventaja el crecimiento en el volumen de los flósculos (Aguilar, 2010).

#### Coagulación

Es la remoción de especies en suspensión, a través de coagulantes químicos, que cuando se usa incorrectamente trae desventajas como: altos costos, la obtención de grandes volúmenes de lodo y por ende afecta el pH del agua tratada (Guzmán, Villabona, Tejada y García, 2013, p. 253).

#### Aguas residuales

Para los especialistas del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], (2014) las aguas residuales, son todas aquellas que fueron empleadas por el hombre, por ende representan un peligro y deben ser apartadas para su posterior tratamiento, ya que poseen gran cantidad de sustancias y/o microorganismos (p. 2), siendo su composición básicamente de un 99% de agua y un 1% de sólidos disueltos, suspendidos o coloidales (ONU, 2017, p. 3).

## Aguas residuales industriales

Las aguas residuales industriales, son todas aquellas que proceden del desarrollo de un proceso productivo, que incluye a las aguas de diversos sectores: agrícola, minera, energética, agroindustrial, entre otras (OEFA, 2014, p. 3).

## Turbidez

Es el grado de transparencia del agua que se da a través de las partículas que están en suspensión en cuanto mayor sea la cantidad de sólidos suspendidos en el líquido, mayor será el grado de turbidez (Quezada ,2016).

### 2.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es aplicada, porque utiliza toda la información disponible, es decir referencias bibliográficas existentes en una base de datos, que ayudará en la construcción y desarrollo de la investigación, en cuanto a su diseño no experimental, trasversal- descriptivo, se recopila y sintetiza la información científica, para su adecuado análisis e interpretación de forma rigurosa y organizada.

### 2.2. Variables y operacionalización

#### **Variable independiente.**

Eficiencia de la goma de *Caesalpinia spinosa*.

#### **Variable Dependiente.**

Coagulación de aguas residuales industriales.

#### **Operacionalización**

**Variable independiente:** Eficiencia de la goma de *Caesalpinia spinosa*.

El empleo de la goma de *Caesalpinia spinosa* como coagulante en aguas residuales de tipo industrial por medio de la dosificación y tiempo de permanencia para la agrupación y formación de flósculos.

**Variable dependiente:** Coagulación de aguas residuales industriales

La cantidad removida durante la coagulación, se consiguió de la diferencia de las concentraciones iniciales y finales de materia orgánica.

### **2.3. Población y muestra**

#### **Población**

La población del presente informe está compuesta por las aguas residuales industriales.

#### **Muestra**

La muestra es un volumen de 5 litros.

### **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

En la presente investigación, se realizó una revisión bibliográfica, mediante la técnica de la observación y como instrumento se usó las fichas de observación para la recolección de datos en artículos, tesis y revistas científicas.

### **2.5. Procedimientos**

El uso de la goma de *Caesalpinia spinosa* como coagulante natural en aguas residuales industriales ha fomentado el interés por ser un coagulante de bajo costo, ecológico y efectivo, además de no presentar riesgos ni daños ya que algunas sustancias químicas (sulfato de aluminio, aluminato de sodio, cloruro férrico y entre otros) utilizadas como coagulantes se han asociado a problemas de salud.

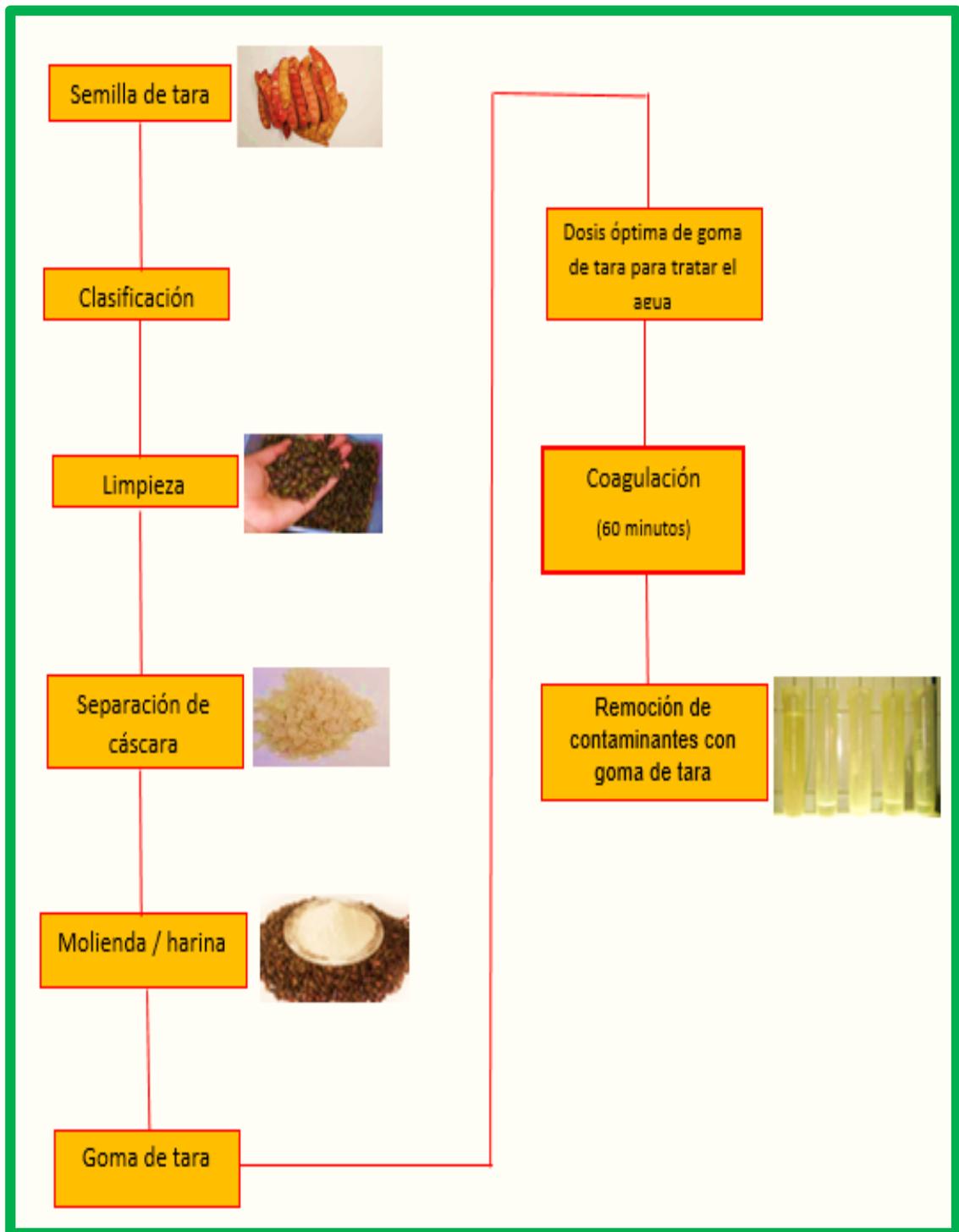


Figura 1: Flujograma del proceso para la elaboración del coagulante a base de goma de tara

Fuente: Elaboración propia

## **2.6. Método de análisis de datos**

Para desarrollar esta investigación se realizó una revisión bibliográfica, donde la información fue sistematizada, analizada, seleccionada para la investigación.

## **2.7. Aspectos éticos**

En el presente informe de investigación, se respeta y valora la propiedad intelectual ajena y protocolos dispuestos por nuestra casa de estudio, haciendo uso del estilo ISO, a fin de asegurar la objetividad, confiabilidad y validez, por lo tanto se cumplirá los aspectos éticos para el desarrollo de la presente investigación científica.

### III. RESULTADOS y DISCUSIÓN

#### 3.1. Identificación de la dosis óptima de goma de *Caesalpinia spinosa* (tara) para la coagulación de aguas residuales industriales.

En la búsqueda de información donde se encuentren varios estudios que se analizaron la eficiencia de la Goma de tara como coagulante para la eliminación de contaminantes de las aguas residuales industriales, y para saber la dosis óptima de *Caesalpinia spinosa* (tara) se tomó como referencia los datos de tres investigaciones comparando las dosis que los autores manejaron para la coagulación, donde se obtuvieron los siguientes resultados en tablas.

**Tabla 1.** Dosis óptima de goma de *Caesalpinia spinosa* (tara) para la coagulación de aguas residuales.

Autores	Tipo de afluente	Turbidez inicial	Dosis (coagulante)	Concentración (ppm)	Turbidez final	Eficiencia (%)
Bravo y Gutiérrez (2016)	Agua del río Pollo	42.6 NTU	25ml	3000 ppm	8.92 NTU	79.06%
Sáenz (2019)	Agua del dren 2000	60 NTU	77 ml	895 ppm	9.6 NTU	84%
Vilavila (2018)	Agua del río Ayaviri	175 NTU	15 ml	35 ppm	1.09 NTU	99%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 1 observamos que los autores Bravo y Gutiérrez (2016) usaron una dosis de 25ml de coagulante logrando tener una eficiencia de 79.06% mientras que para Sáenz (2019) utilizó 77ml de coagulante alcanzando una validez de 84% y para Vilavila (2018) la dosis que utilizó fue 15 ml del coagulante y con ayuda del sulfato de aluminio obteniendo una eficiencia de 99%.

### 3.2. Influencia del tiempo en el proceso de coagulación de las aguas residuales industriales con la goma de tara *Caesalpinia spinosa*.

Para determinar el tiempo de coagulación se realizó mediante datos obtenidos de revisión bibliográfica comparando el porcentaje de coagulación que la *Caesalpinia spinosa* alcanzo, con los distintos tiempo que llevaron a cabo los autores.

**Tabla 2.** Influencia del tiempo para la coagulación de las aguas residuales.

<b>Autores</b>	<b>Tipo de afluente</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Dosis (coagulante)</b>	<b>Concentración (ppm)</b>	<b>Turbidez final</b>	<b>Eficiencia (%)</b>
Bravo y Gutiérrez (2016)	Agua del rio Pollo	60 min	25ml	3000 ppm	8.92 NTU	79.06%
Sáenz (2019)	Agua del dren 2000	60 min	77 ml	895 ppm	9.6 NTU	84%
Vilavila (2018)	Agua del río Ayaviri	60 min	15 ml	35 ppm	1.09 NTU	99%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 2 se observa que Bravo y Gutiérrez (2016) obtuvieron un 79.06% de eficiencia con 60 minutos para la coagulación con goma de tara, por otro lado, Sáenz (2019) logró una eficiencia de 84% con 60 minutos y por último Vilavila adquirió un porcentaje mayor con 99% en el mismo tiempo de 60 minutos siendo el más efectivo para la coagulación.

### 3.3. Determinar la concentración inicial y final de la turbidez de las aguas residuales industriales

Con respecto a la turbidez inicial de las aguas residuales de tipo industrial su valor fue alto, ya utilizando la goma de *Caesalpinia spinosa* durante la etapa de coagulación, se obtuvieron valores iniciales y finales para la turbidez de acuerdo a los autores comparados.

**Tabla 3.** Concentración inicial y final de la turbidez de las aguas residuales.

<b>Autores</b>	<b>Tipo de afluente</b>	<b>Turbidez inicial</b>	<b>Dosis (coagulante)</b>	<b>Concentración (ppm)</b>	<b>Turbidez final</b>	<b>Eficiencia (%)</b>
Bravo y Gutiérrez (2016)	Agua del río Pollo	42.6 NTU	25ml	3000 ppm	8.92 NTU	79.06%
Sáenz (2019)	Agua del dren 2000	60 NTU	77 ml	895 ppm	9.6 NTU	84%
Vilavila (2018)	Agua del río Ayaviri	175 NTU	15 ml	35 ppm	1.09 NTU	99%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 3 los autores Bravo y Gutiérrez (2016) iniciaron con una turbidez de 42.6 NTU, ya utilizando el coagulante goma de tara se redujo la turbidez a 8.92 NTU, mientras que Sáenz (2019) inició con 60 NTU de turbidez y finalizó con 9.6 NTU demostrando su efectiva respecto a la turbidez, finalmente para Vilavila (2018) ya tenía un porcentaje elevado de turbidez al inicio con 175 NTU y finalizó con un 1.09 NTU.

### **3.4. Porcentaje de remoción de la turbidez en las aguas residuales industriales.**

En la tabla N° 4, se realizó la comparación de la eficiencia del coagulante llamado goma de *Caesalpinia spinosa* según los autores ya antes mencionados para la investigación.

**Tabla 4.** Porcentaje de remoción de la turbidez en las aguas residuales

<b>Autores</b>	<b>Tipo de afluente</b>	<b>Turbidez inicial</b>	<b>Dosis (coagulante)</b>	<b>Concentración (ppm)</b>	<b>Turbidez final</b>	<b>Eficiencia (%)</b>
Bravo y Gutiérrez (2016)	Agua del río Pollo	42.6 NTU	25ml	3000 ppm	8.92 NTU	79.06%

Sáenz (2019)	Agua del dren 2000	60 NTU	77 ml	895 ppm	9.6 NTU	84%
Vilavila (2018)	Agua del río Ayaviri	175 NTU	15 ml	35 ppm	1.09 UNT	99%

Fuente: Elaboración propia

La tabla N° 4 presenta la eficiencia en porcentaje, y de acuerdo a los autores Bravo y Gutiérrez (2016) alcanzaron un porcentaje de eficiencia de 79.06 % mientras que para Sáenz (2019) obtuvo un porcentaje de 84%, y por último siendo el más eficiente el resultado de Vilavila (2018) adquiriendo un porcentaje de 99% con ayuda de sulfato de aluminio, para sacar el porcentaje de eficiencia (%) se usó la turbidez inicial y la turbidez final, sobre la turbidez inicial por 100 en lo cual en seguida esta las fórmulas para remoción para la eficiencia .

$$\% \text{ de remoción de turbidez} = \frac{T_0 - T_{F-1h}}{T_0} \times 100$$

$$\frac{42.6 - 8.92}{42.6} \times 100 = 79.06\%$$

$$\% \text{ de remoción de turbidez} = \frac{T_0 - T_{F-1h}}{T_0} \times 100$$

$$\frac{60 - 9.6}{60} \times 100 = 84\%$$

$$\% \text{ de remoción de turbidez} = \frac{T_0 - T_{F-1h}}{T_0} \times 100$$

$$\frac{175 - 1.09}{175} \times 100 = 99\%$$

Los estudios antecedentes referente al proceso de coagulación donde se empleó la goma de *Caesalpinia spinosa*, son relevantes para el tratamiento de las aguas residuales de tipo industrial, por ello a partir de los resultados recopilados durante la búsqueda de la información, se realizó una revisión bibliográfica de investigaciones anteriores que se ejecutaron, en los cuales los autores e investigadores efectuaron una serie de análisis en sus trabajos de investigación, obteniendo varios resultados en los cuales nos llevan a una discusión de sus datos.

La presente investigación busca determinar la dosis óptima para la coagulación con la goma de *Caesalpinia spinosa* en el tratamiento de aguas residuales industriales, ya que a diario la industria utiliza grandes cantidades de agua para realizar el proceso productivo, generando más presión sobre los recursos hídricos a través de los impactos que producen las descargas de sus aguas residuales, siendo este fluido un potencial contaminante y como consecuencia causa la pérdida de calidad del agua en todo el mundo, es por ello que a través de un coagulante natural como la goma de *Caesalpinia spinosa* (tara), que es proveniente del árbol de tara, este árbol se encuentra en el Perú, siendo un país que produce la goma de tara, por ello es importante emplear un coagulante natural para dar tratamiento a los afluentes producidos por las actividades industriales.

Por ello a través de la información de revisiones bibliográficas de investigaciones anteriores que se realizaron, comparando y analizando los datos entre autores, es así que se obtuvo que la capacidad de coagulación máxima la tuvo el investigador Vilavila (2018) logrando coagular de manera eficiente con una dosis optima de 15ml de coagulante llamado goma de *Caesalpinia spinosa* (tara) a diferencia de Bravo y Gutiérrez (2016) que usaron una dosis de 25ml de coagulante, esta diferencia de dosis se debe a que el investigador Vilavila utilizo la goma de C. S. como colaborador en la etapa de coagulación, en conjunto con el coagulante químico sulfato de aluminio, sin embargo los autores Bravo y Gutiérrez emplearon únicamente la goma de C. S como coagulante para el tratamiento de las aguas residuales.

Se determinó que el tiempo es importante durante la etapa de coagulación que realizaron los autores con la goma de *Caesalpinia spinosa* (goma de tara), ya que Bravo y Gutiérrez (2016) y Sáenz (2019) el tiempo que utilizaron para la coagulación de las aguas residuales industriales es de 60 minutos con porcentajes de coagulación inferiores, sin embargo para Vilavila (2018) utilizó el mismo tiempo de 60 minutos pero obtuvo un porcentaje más efectivo de 99%, ya que al combinar un coagulante químico como es el sulfato de aluminio, con la ayuda del coagulante natural permitió obtener resultados eficientes.

Se identificó que la turbidez inicial que tenía el agua residual industrial, se logró disminuir al añadir el coagulante goma de *Caesalpinia spinosa* (goma de tara), ya que para Bravo y Gutiérrez (2016) tenía una concentración inicial de 42.6 NTU y una concentración final de 8.92 con una dosis de 25 ml de coagulante, así mismo para Sáenz (2019) tenía una turbidez inicial de 60 NTU y una turbidez final de 9.6 NTU con una dosis de 77 ml, pero el más efectivo fue de Vilavila (2018) en donde tenía una concentración de turbidez más alta que los anteriores con 175 NTU y ya con la dosis de goma de tara donde se redujo a 1.09 UNT.

Los resultados obtenidos por los distintos investigadores, permitió afirmar que al tratar aquellas aguas residuales industriales con grandes cantidades de carga orgánica, es posible darle tratamiento aplicando la goma de *Caesalpinia spinosa*, ya que tiene un elevado % de remoción en cuanto a los sólidos totales, además se afirma que el coagulante extraído, presenta una capacidad de remoción similar a la del sulfato de aluminio, guardando relación con el estudio realizado por Bravo y Gutiérrez (2016).

Se determinó la eficiencia en porcentaje que cada autor o autores sometieron su trabajo de investigación como Bravo y Gutiérrez obtuvieron un porcentaje de eficiencia de 79% mientras que Sáenz obtuvo un porcentaje de remoción de 84%, ya que el valor más eficiente lo consiguió Vilavila y con una turbidez inicial más alta que las anteriores alcanzó un porcentaje de 99% con el coagulante goma de tara en colaboración de un coagulante químico llamado sulfato de aluminio que en conjunto trabajaron en el proceso de coagulación.

La coagulación natural usando extractos de *Caesalpinia spinosa* generó 85% menos lodo que el coagulante químico, además removió altas concentraciones de materia orgánica en el agua residual (1050 mg/L) en un 52% así lo aseguró Revelo, Proaño y Banchón (2015).

Para el empleo de la goma de tara durante la fase de coagulación y floculación, se debe analizar cinco factores tales como: pH, dosis de coagulante, velocidad de mezcla rápida y velocidad de mezcla lenta, además de la metodología llamada prueba de jarras, que es una etapa esencial durante el proceso de tratamiento de las aguas residuales, y que requiere de un monitoreo debido a que es de corta duración y permite mediante la observación identificar el comportamiento de los coagulantes usados, a fin de integrar los resultados de medición de los parámetros fisicoquímicos, por ello el análisis de los cinco factores mencionados son esenciales para la remoción de turbiedad.

Posteriormente los indagadores argumentan, que la goma de *C. spinosa* posee una gran capacidad de acelerar la formación de flósculos, apresurando la sedimentación de los coloides, además recomiendan su uso en el tratamiento de agua potable, ya que se encuentra aprobada por el Servicio de Salud Pública europeo.

#### IV. CONCLUSIONES

1. El uso de la goma de *Caesalpinia spinosa* (tara) resulta ser competente en la etapa de coagulación de las aguas residuales industriales logrando alcanzar hasta un 99% de eficiencia con ayuda del sulfato de aluminio, siendo factible debido a su bajo costo, eco amigable y efectivo en la descontaminación de aguas residuales industriales.
2. Se concluye que el empleo de la goma de tara reduce los contaminantes de las aguas residuales industriales, mejorando la calidad de estas, ya que su producción de lodos es menor y también el hecho de no afectar significativamente el pH del agua a tratar, además de asegurar la armonía de los cuerpos receptores.
3. Es importante tratar las aguas residuales industriales debido a su elevada carga de materia orgánica, siendo una alternativa factible la utilización de coagulantes naturales presentes en la región Lambayeque, debido a que su empleo no presenta riesgos ni daños, ya que algunas sustancias químicas (sulfato de aluminio, aluminato de sodio, cloruro férrico y entre otros) utilizadas como coagulantes se han asociado a problemas de salud.

## V. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que se realicen investigaciones experimentales y que se trabaje con coagulantes naturales para generar conocimientos en el tratamiento de aguas residuales industriales.
2. También se recomienda tratar aguas residuales industriales con taninos de plantas endémicas que son del Perú y que tenga las características similares a la *Caesalpinia spinosa* por su efectividad en la remoción de carga, además de ser amigable con el medio ambiente.
3. Se recomienda hacer el tratamiento con la goma de *Caesalpinia spinosa* durante la etapa de coagulación ya que es de bajo costo, efectivo y ecológico.
4. Es recomendable disolver la harina de tara en agua destilada para convertirse en goma de tara antes de proceder al tratamiento, ya que si no se disuelve correctamente puede contener grumos y evita que cumpla con su función de coagulante.

## REFERENCIAS

BRAVO y GUTIÉRREZ .Remoción de solidos suspendidos y materia orgánica de las aguas del río pollo en Otuzco empleando semillas de *Caesalpinia spinosa* (Tara). *Trabajo de investigación para obtener el título de Ingeniero Ambiental. Facultad de Ingeniería Química. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo-Perú*, [en línea].2016. [Consultado: 19 de julio de 2020]. Disponible en:

[http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3275/BravoGuerrero\\_M%20-%20GutierrezLopez\\_J.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3275/BravoGuerrero_M%20-%20GutierrezLopez_J.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

De la Torre, La Tara, beneficios ambientales y recomendaciones para su manejo sostenible en relictos de bosque y sistemas agroforestales. *CONDESAN* [en línea].2018. [Consultado: 19 de julio de 2020]. Quito. Disponible en:

<https://condesan.org/wp-content/uploads/2018/10/Libro-Tara-Condesan-2.pdf>.

GUZMÁN y Luis [et al]. Reducción de la turbidez del agua usando coagulantes naturales: *en una revisión*. [En línea] 2013, vol.16. [Consultado: 20 de julio del 2020].Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v16n1/v16n1a29.pdf>.

LÓPEZ, Alberto, [et a].Capacidad antioxidante de poblaciones silvestres de “tara” (*Caesalpinia spinosa*) de las localidades de Picoy y Santa Fe (Provincia de Tarma, departamento de Junín). *Scientia Agropecuaria*, [en línea].2011, vol. 2, no 1, p. 25-29. [Consultado: 20 de julio del 2020].Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3709130>

La Asamblea General de la ONU (2017). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos [en línea] 2017. Aguas Residuales el Recurso Desaprovechado*. [Consultado el 24 de julio de 2020]. Disponible en: [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4\\_uibd.nsf/9A13A8A4E16D102F05258175006A9AD1](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/9A13A8A4E16D102F05258175006A9AD1).

MELO FERRARI, Marianela; GLORIO PAULET, Patricia; TARAZONA REYES, Gladys. Efecto de la madurez en los componentes de valor comercial (taninos y goma) de tara *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, [en línea].2013, vol. 79, no 3, p. 218-228. [Consultado: 22 de julio del 2020].Disponible en:  
[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2013000300004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2013000300004&script=sci_arttext).

REVELO, PROAÑO y BANCHÓN. Biocoagulación de aguas residuales de industria textilera mediante extractos de *Caesalpinia spinosa*. *Enfoque UTE*, [en línea].2015, vol. 6, n° 1, p. 1-12. [Consultado: el 22de julio del 2020].Disponible en:  
[http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1390-65422015000100001](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422015000100001).

RAMÍREZ. “Dosis De Coagulante Natural *Caesalpinia Spinosa* Para Mejorar La Calidad De Las Aguas Residuales En El Dren 4000”. 2017. [consultado: 23 de julio del 2020] .Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/33240>.

ROMERO NORABUENA, Edgar Luis. Calculo de la relación de PH, concentración y nivel cantidad de la especie *caesalpinia spinosa* para remover turbiedad en el periodo de avenidas para el rio Paria, Huaraz-Ancash-2016. [Consultado: 23 de julio de 2020].Disponible en:  
<http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2228>.

SÁENZ Comparación de la eficiencia de *Moringa oleífera* y *Caesalpinia spinosa* para mejorar la calidad del agua residual del dren 2000. 2019. [Consultado: 23de julio de 2020].Disponible en:  
[http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/44614/S%C3%A1enz\\_DGS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/44614/S%C3%A1enz_DGS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

Sánchez, M. (2017) *Las aguas residuales en Perú, realidad | iAgua*. (s. f.). Recuperado 24 de junio de 2020, [Consultado: 23 de julio del 2020]. Disponible en: <https://www.iagua.es/blogs/maria-sanchez-montes/aguas-residuales-peru-costo-improvisacion>

OEFA (2014) fiscalización ambiental en aguas residuales [Consultado: 23 de julio de 2020]. Disponible en: [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827).

VALERIANO, MAMANI, Jappsem MATOS-CHAMORRO, Rodrigo Influencia de la Goma de Tara (*Caesalpinia spinosa*) como Ayudante en el Proceso de Coagulación-Floculación para la Remoción de Turbidez de una Suspensión Artificial de Bentonita. *Información tecnológica*, [en línea]. 2019, vol. 30, no 5, p. 299-308. [Consultado: 23 de julio del 2020]. Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642019000500299&script=sci\\_arttext&tIng=en](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642019000500299&script=sci_arttext&tIng=en).

Notimex. (2019). Escasez de agua limpia en el mundo limita el crecimiento económico: BM. [Consultado 23 de julio del 2020]. Disponible en: <https://search.proquest.com/docview/2276429523?accountid=3740>

## ANEXOS

### Anexo N° 1. Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Variables	Tipo de investigación	Población	Técnica	Métodos de análisis de datos
¿Cuál es la eficiencia de la <i>Caesalpinia spinosa</i> (tara) como coagulante en aguas residuales industriales?	<b>General</b> Determinar la eficiencia de la goma de <i>Caesalpinia spinosa</i> (tara) como coagulante en aguas residuales industriales.	VD: Coagulación de aguas residuales industriales	Aplicada	Aguas residuales industriales	Observación	Revisión bibliográfica
	<b>Específicos</b> Describir las características fisicoquímicas de la goma de <i>Caesalpinia spinosa</i> . Identificar la dosis óptima de la goma de <i>Caesalpinia spinosa</i> para la coagulación de aguas residuales industriales. Especificar el porcentaje de remoción de la turbidez en las aguas residuales industriales.	VI: Eficiencia de la goma de <i>Caesalpinia spinosa</i> .	<b>Diseño</b>	<b>Muestra</b> 5 litros	<b>Instrumentos</b> Ficha de observación	

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo N° 2. Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<p>VD/V1</p> <p>Coagulación de aguas residuales industriales</p>	<p>Es la eliminación de los diferentes tipos de contaminantes (partículas inorgánicas) tales como: arcillas, microorganismos patógenos, materia orgánica disuelta, entre otros, que se encuentran contenidos en efluentes acuosos (Martínez, 2017).</p>	<p>La cantidad removida durante la coagulación, se consiguió de la diferencia de las concentraciones iniciales y finales de materia orgánica.</p>	<p>Coagulación</p>	<p>Alta</p> <p>Media</p> <p>Baja</p>
<p>VI/V2</p> <p>Eficiencia de la Goma de <i>Caesalpinia spinosa</i></p>	<p>Es la capacidad del coagulante para remover sólidos suspendidos de las aguas residuales, mejorando la calidad de estas (Pérez y López, 2017).</p>	<p>El empleo de la goma de <i>Caesalpinia spinosa</i> como coagulante en aguas residuales de tipo industrial por medio de la dosificación y tiempo de permanencia para la agrupación y formación de flósculos.</p>	<p>Eficiencia</p>	<p>Dosificación (ppm)</p> <p>Tiempo (m)</p>

Fuente: Elaboración propia.

### Anexo N° 3. Materiales y equipos de laboratorio



Matraz

Fuente: Bravo y Gutiérrez (2016)



Coagulante (*Caesalpinia spiniosa*)

Fuente: Bravo y Gutiérrez (2016)

### Equipos de laboratorio



Turbidímetro

Fuente: Vilavila (2018)



Balanza analítica

Fuente: Vilavila (2018)