



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

“Comparación de la eficiencia del mucílago de *Opuntia ficus indica* y goma de *Caesalpinia spinosa* en la mejora de la calidad de agua residual de camal”

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

**Ingeniera Ambiental**

**AUTORA:**

Br. Montenegro Valdivia Jessenia Patricia (ORCID: 0000-0001-5896-8370)

**ASESOR:**

Dr. Monteza Arbulú Cesar Augusto (ORCID: 0000-0003-2052-6707)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de los Residuos

CHICLAYO – PERÚ

2019

## **DEDICATORIA**

Este logro se lo dedico a mis padres Carlos Montenegro Yopla y Mirtha Valdivia Carrasco, ya que son mi motor y un gran ejemplo de perseverancia y lucha ya que sin ustedes no hubiera sido posible la culminación de esta etapa de mi vida profesional.

A mis hermanos Javier y Jessica por los consejos brindados para cumplir mis sueños a pesar de las dificultades que se pueda presentar.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradezco a Dios por las bendiciones que me concede.

En segundo lugar, a mis padres ya que ellos son los formadores de mi persona, entregándome su apoyo incondicional emocional y económica para poder lograr mis metas.

En tercer lugar agradecer a mi asesor de tesis Ing. Monteza Arbulú Cesar Augusto por compartir sus conocimientos, tiempo y consejos brindados para llevar acabo el presente trabajo.

A la Ing. Kerly encargada del laboratorio de biotecnología de la facultad de ingenierías por su paciencia y apoyo en la realización de los análisis físicos y químicos de las muestras.

## **PÁGINA DEL JURADO**

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

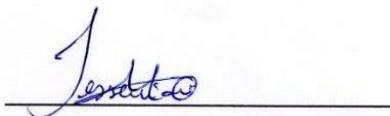
Yo, Jessenia Patricia Montenegro Valdivia con DNI ° 48457115, a efecto de cumplir con los criterios de evaluación de la experiencia curricular de Desarrollo del Proyecto de Tesis, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es auténtica.

Así mismo, declaro bajo juramento que todo el contenido de la presente tesis:

1. La autoría del presente trabajo de investigación titulado: COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL MUCÍLAGO DE *Opuntia ficus indica* Y GOMA DE *Caesalpinia spinosa* EN LA MEJORA DE LA CALIDAD DE AGUA RESIDUAL DE CAMAL me pertenece.
2. Este trabajo de investigación no ha sido plagiada o copiada, es decir no se ha presentado ni publicado para obtener algún grado académico.
3. Los resultados presentados son reales, no son falsos, ni han sido alterados.

Por ello al presentarse alguna información alterada, copiado o falsificación de datos asumo la responsabilidad, consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normativa vigente de la Universidad Cesar Vallejo.

Chiclayo, Diciembre del 2018



Jessenia Patricia Montenegro Valdivia

48457115

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
PÁGINA DEL JURADO .....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	v
ÍNDICE.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	13
1.2. TRABAJOS PREVIOS.....	14
1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA.....	18
1.3.1. Goma de Caesalpinia spinosa. ....	18
1.3.2. Tara en Perú. ....	18
1.3.3. Opuntia ficus indica. ....	19
1.3.4. Sulfato de aluminio. ....	20
1.3.5. Demanda Biológica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> ).....	21
1.3.6. Demanda Química de oxígeno (DQO). ....	21
1.3.7. Coagulantes. ....	21
1.3.8. Flocculante. ....	22
1.3.9. Prueba de jarras. ....	22
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	22
1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	22
1.6. HIPÓTESIS.....	23
1.7. OBJETIVOS.....	23
1.7.1. Objetivo general. ....	23

1.7.2.    Objetivos específicos. ....	23
II. MÉTODO.....	24
2.1.    DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	24
2.2.    VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN.....	24
2.3.    POBLACIÓN Y MUESTRA.....	27
2.4.    TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.....	27
2.4.1.    Técnicas de recolección de datos .....	27
2.4.2.    Instrumentos, materiales y equipos de recolección de datos. ....	29
2.4.3.    Validez y confiabilidad.....	30
2.5.    MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS .....	31
2.6.    ASPECTOS ÉTICOS .....	31
III. RESULTADOS .....	31
IV. DISCUSIÓN.....	41
V. CONCLUSIONES .....	43
VI. RECOMENDACIONES .....	44
VII. REFERENCIAS .....	45
ANEXOS.....	50
ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS .....	57
PANTALLAZO DEL SOFTWARE TURNITIN.....	58
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS.....	59
AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	60

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Resultado del análisis del agua residual de camal</i> .....	31
Tabla 2: <i>Dosis para el tratamiento</i> .....	32
Tabla 3: <i>Análisis físicos y químicos después del tratamiento</i> .....	33
Tabla 4: <i>Velocidades de la prueba de jarras</i> .....	33
Tabla 5: <i>Determinación de la turbidez</i> .....	34
Tabla 6: <i>Determinación de la conductividad eléctrica</i> .....	35
Tabla 7: <i>Determinación de la DQO</i> .....	36
Tabla 8: <i>Determinación de la DBO<sub>5</sub></i> .....	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Matriz de consistencia para la elaboración del proyecto de investigación. ....	51
<i>Figura 2.</i> Efluente de agua del camal de José Leonardo Ortiz .....	52
<i>Figura 3.</i> Toma de muestras en el sistema de drenaje del agua residual del camal.....	52
<i>Figura 4.</i> Prueba de jarras en el laboratorio de biotecnología de la Universidad César Vallejo.....	53
<i>Figura 5.</i> Proceso de decantación del tratamiento en la prueba de jarras.....	53
<i>Figura 6.</i> Medición de la turbidez.....	54
<i>Figura 7.</i> Extracción del mucílago de la <i>Opuntia ficus indica</i> (tuna).....	54
<i>Figura 8.</i> Goma de <i>Caesalpinia spinosa</i> (tara) en polvo. ....	55
<i>Figura 9.</i> Proceso de la obtención de la goma de tara. ....	55
<i>Figura 10.</i> Sulfato de aluminio en líquido.....	56
<i>Figura 11.</i> Acta de aprobación de originalidad de tesis.....	57
<i>Figura 12.</i> Pantallazo del software turnitin.....	58
<i>Figura 13.</i> Autorización de publicación de tesis.....	59
<i>Figura 14.</i> Autorización de la versión final del trabajo de investigación.....	60

## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue comprobar la eficiencia de dos recursos vegetales hidrocoloides que son el mucílago de la *Opuntia ficus indica* (tuna) y la goma de *Caesalpinia spinosa* (tara) en la capacidad de mejorar la calidad del agua residual del camal del distrito de José Leonardo Ortiz, ubicado pasando el ovalo del desvío de la Av. Chiclayo a 2 km aproximadamente, como referencia dos cuadras antes de llegar a la fábrica de hielo Santa Rosa.

El diseño del trabajo es cuasi- experimental, donde se realizó la prueba de jarras con tres dosis diferentes de 40 ml, 60 ml y 80 ml con una muestra de 8 litros.

Los resultados que presento mejor eficiencia fue la goma de *Caesalpinia spinosa* en la dosis de 40 ml que redujo un 97.19 % la turbidez y la DQO redujo un 60.21 %, puesto que se logró mejorar la calidad del agua residual en estos parámetros.

**Palabras claves:** *Caesalpinia spinosa*, *Opuntia ficus indica*, eficiencia, agua residual y coagulantes.

## **ABSTRACT**

The objective of the research was to verify the efficiency of two hydrocolloid plant resources that are the mucilage of *Opuntia ficus indica* (tuna) and *Caesalpinia spinosa* gum (tara) in the capacity to improve the quality of wastewater from the slaughterhouse of the district of José Leonardo Ortiz, located past the oval of the diversion of Chiclayo Avenue at approximately 2 km, as a reference two blocks before arriving at the Santa Rosa ice factory.

The design of the work is quasi-experimental, where the jar test was performed with three different doses of 40 ml, 60 ml and 80 ml with a sample of 8 liters.

The results that showed the best efficiency was the *Caesalpinia spinosa* gum in the 40 ml dose that reduced the turbidity by 97.19 % and the COD reduced by 60.21 %, since it was possible to improve the residual water quality in these parameters.

**Keywords:** *Caesalpinia spinosa*, *Opuntia ficus indica*, efficiency, residual water and coagulants.

## I. INTRODUCCIÓN

En el Perú las aguas residuales son los efluentes que contaminan los cuerpos de agua (ríos, lagunas, agua subterránea, mar) debido a que son emitidos directamente sin un previo tratamiento. De no tomarse conciencia y decisión ante la problemática, se vería afectado el ecosistema.

Se le llama agua residual a dichas aguas que han cambiado sus parámetros físicos y químicos, superando los límites máximos permisibles del Decreto supremo N° 015-2015-MINAM.

En el distrito de José Leonardo Ortiz según el informe de SENASA por Radio Programa del Perú (2013) menciona de los 38 camales que hay en el departamento de Lambayeque, este se encuentra en situación crítica debido a la insalubridad y contaminación del ambiente.

La utilización de coagulantes y floculantes para el tratamiento de aguas residuales a base de recursos vegetales, están funcionando como lo mencionan los antecedentes de Villabona, Paz y Martínez (2013), quien comparó la eficiencia de la tuna con sulfato de aluminio y los antecedentes de Moreno (2016), quien comparó la eficiencia del mucílago de la tuna, la sábila y la tara.

El objetivo del trabajo de investigación es, comparar la eficiencia del mucílago de la *Opuntia ficus indica* y la goma de *Caesalpinia spinosa*, con la finalidad de mejorar la calidad de agua residual del camal, aprovechando el recurso natural nativos de Perú.

## **1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA**

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2017) En el informe sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo 2017, titulado “Las aguas residuales el recurso desaprovechado”, donde se ve la preocupación de la alta demanda mundial del agua dulce.

Los países de baja cantidad de ingresos económicos solo tratan el 8 % de sus aguas residuales, puesto que dicho valor es demasiado carente a comparación con el 70 % que se vienen tratando dichas aguas en los países de mayor ingreso económico.

Asimismo, a causa de que se arrojan estas aguas residuales contaminadas directas a ríos, lagos y mar, provocan impactos negativos en el ambiente y la salud pública.

Puesto que el origen de la contaminación son las heces de humanos y animales que no solo afecta al ambiente, la cual impacta a casi 1/3 de los cursos fluviales de América Latina, África y Asia, sino que también pone en riesgo la vida de las personas puesto que dicha contaminación llega a producir diferentes enfermedades.

En el año 2012, se produjo 842000 fallecimientos en los países de baja cantidad de ingresos a causa de la escasez de los servicios de saneamiento. La falta de no tratar las aguas residuales ayuda a que se produzca el contagio de enfermedades como el cólera y el dengue”.

**Según Radio Programa del Perú (RPP, 2013)** concluyo que la insalubridad, mala manipulación de las carnes durante el sacrificio, el almacenamiento y su transporte hacia los mercados de la región Lambayeque, son los principales problemas, que hasta ahora no se han subsanado en los camales por parte de las autoridades municipales. Donde indicaron en el Servicio Nacional de Salud Agraria –SENASA.

De 38 camales municipales que hay en la región, la situación es más grave en los camales de Chiclayo y José Leonardo Ortiz, donde la insalubridad con la cual se realizan los sacrificios es un riesgo para la salud de los habitantes.

La insalubridad de estos camales, es un riesgo para la salud de los habitantes, por motivo de la ubicación del lugar de sacrificio de los animales con el sistema de drenaje del agua de camal está a solo tres metros de distancia y por ende es un foco infeccioso porque estas aguas residuales traen consigo malos olores, moscas y aves carroñeras.

Estos problemas ambientales, se presentan por motivo de la falta de tratamientos de las aguas residuales, no solo municipales como es el caso del camal, sino también en los diferentes sectores industrial y doméstico. Puesto que estos efluentes son evacuadas a los drenes que van directo al mar, afectando al ecosistema marino. Por eso se debe tomar conciencia porque si no se actúa tendremos impactos negativos significantes debido al cambio del ecosistema marino y por ende habrá pérdida de la diversidad de especies presentes en el mar, afectando así a la pesca y a la economía proveniente de ello.

Es por estas razones, que dichas aguas residuales del camal, deben tener un tratamiento previo para menguar los contaminantes que presenta dichas aguas. Como el objetivo de este presente trabajo, es mejorar la calidad de las aguas residuales del camal a través del uso de plantas naturales nativas del Perú, se plantea un método amigable con el ambiente y económico.

## **1.2. TRABAJOS PREVIOS**

**Olivero, Aguas, Mercado, Casas y Montes, (2014)** En este estudio, se evaluó la eficiencia de la *Opuntia ficus indica* (tuna) como agente coagulante, en el proceso de clarificación de las aguas del río Magdalena, tomando como referencia un punto en el municipio de Magangué.

El estudio se basó en encontrar las diferencias entre el mucílago de la *Opuntia ficus indica* y el alumbre, midiendo la turbidez y el pH.

Los resultados arrojaron en turbidez con 35 mg/l de alumbre 1.22 turbidez con pH: 5.54 y con 40 mg/l de alumbre 2.95 turbidez con pH: 5.44 y en cuanto de la *Opuntia ficus* con 35 mg/l de opuntia arrojó 31.36 turbidez con pH: 6.35 y con 40 mg/l de opuntia 28.43 turbidez con pH: 6.41

En conclusión, la turbidez del mucílago de la *Opuntia ficus indica* redujo hasta un 83.66 % y el alumbre 99.30 %. Asimismo, tener en cuenta que la dosis del coagulante no influyó en nada, sino la velocidad de agitación que fue de 100 rpm y 200 rpm. También se comprobó que el mucílago de la *Opuntia ficus indica* funciona como coagulante natural para reducir la turbidez en comparación con el alumbre que es un químico.

**Villabona, Paz y Martínez, (2013)** En esta investigación, se explica detalladamente el método para la extracción del coagulante en polvo de la *Opuntia ficus indica* que servirá para tratar el agua cruda del canal del Dique, los parámetros que se evaluaron fue el pH y turbidez.

En conclusión, el método de extracción de la *Opuntia ficus indica* en polvo, indica que un kilo de la penca de tuna servirá para tratar hasta 650 litros de agua. También se obtuvo una capacidad de remoción de un 70 % de turbidez y 50 % del color inicial de la muestra y este coagulante no altera el pH del agua tratada. Demostrando a dicho coagulante natural, que presenta una gran capacidad para remover el color y la turbidez del agua cruda.

**Bravo y Gutiérrez, (2016)** Para obtener el título de Ingeniero Ambiental, se hizo esta investigación denominada “Remoción de sólidos suspendidos y materia orgánica de las aguas del río pollo en Otuzco empleando semillas de *Caesalpinia spinosa*”, el método que se utilizó fue el test de jarras, y los parámetros que evaluaron fueron, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), demanda química de oxígeno (DQO) y los sólidos suspendidos totales (SST), se

llevó a cabo en diferentes velocidades de agitación de forma rápida (200 rpm y 300 rpm) y lenta (30 rpm y 45 rpm).

Los resultados que arrojaron al tratar dicha agua con la goma de tara fueron: en remoción de turbidez bajo de 46.2 NTU hasta 8.92 NTU como mínimo en una velocidad de agitación rápida de 3000ppm, con respecto a la DBO<sub>5</sub> se obtuvo un 43.52 %, en SST con un 17.07 % y todas las muestras se encontraron con un pH neutro, con esto se concluyó que la goma de tara tiene un gran poder de remoción en cuanto a la turbidez y DBO<sub>5</sub>.

**Revelo, Proaño y Banchon (2015)** En su investigación “Biocoagulación de aguas residuales de industria textilera mediante extractos de *Caesalpinia spinosa*” donde el proceso de remediación consistió en la dosificación y las diferentes velocidades de agitación que se llevó a cabo con diferentes coagulantes que es el policloruro de aluminio y *Caesalpinia spinosa* (tara) y como floculante poliacrilamida 0.1 %. Los resultados fueron los siguientes, con un poder alto de remoción de materia orgánica de 1050 mg/l, remoción de turbidez con un 24 % y bajo en DBO<sub>5</sub> en un 52 %.

**Contreras Lozano, y otros (2015)** En el estudio llamado El Nopal (*Opuntia ficus indica*) como coagulante natural, se utilizó dos coagulantes naturales la *Opuntia ficus indica* y el químico que es el alumbre en diferentes dosis, además del agua que se va tratar fue del río Magdalena.

Los parámetros que se analizaron fue: pH, color, turbidez, sólidos totales suspendidos (STD) y conductividad eléctrica.

Los resultados fueron los siguientes en turbidez: 97.67 NTU, color: 20, pH: 7.11, STD: 3209 mg/L y conductividad eléctrica: 109 uS/cm. Este coagulante logró reducir el 100 % del color, y tuvo una eficiencia para remover la turbidez del 50 %, teniendo en cuenta que la conductividad eléctrica aumentó, debido al coagulante químico (alumbre) en la clarificación del agua.

**Silva (2017)** En su estudio de investigación para lograr el título de ingeniero químico, llevando el nombre de “Extracción del mucílago de la penca de tuna y su

aplicación en el proceso de coagulación y floculación de aguas turbias”, utilizó la tuna en polvo luego diluyó junto con la solución del sulfato de aluminio al 1 % para que ayude a remover la turbidez.

Los resultados que se obtuvieron, fue que la remoción de turbidez fue eficiente con la dosis optima con 30 ppm a 50 ppm, puesto que en 30 ppm tiene un 84 % de remoción y con 50 ppm obtuvo 80 %, y se concluye que el nutriente que ayuda a la remoción de turbidez para que funcione mejor son los carbohidratos.

**Moreno (2016)** Para obtener el título de ingeniero ambiental, en su investigación “Disminución de la turbidez del agua del rio Crisnejas, Cajabamba utilizando *Opuntia ficus indica*, *Aloe vera* y *Caesalpinia spinosa*”, se tomaron las muestras en tres tiempos, y en los meses de agosto, setiembre y noviembre, con dos dosis diferentes a cada coagulante de 6 gr y 9 gr. Su parámetro para analizar es la turbidez en tres tipos de tiempo que es en 5, 15 y 20 minutos con diferentes velocidades de 100 rpm y 200 rpm para los tres tratamientos de la *Opuntia ficus indica*, *Caesalpinia spinosa* y *Aloe vera*.

Los resultados que redujo la turbidez fue con la *Opuntia ficus indica* con 61.09 %, con la *Caesalpinia spinosa* 48.47 % y la *Aloe vera* con 42.48 %, y para los tres tratamientos la velocidad más eficiente es la 100 rpm en la cantidad de 6 gr.

**Martínez y González (2012)** Para lograr el título de ingeniero químico en su investigación “Evaluación del poder coagulante de la tuna *Opuntia ficus indica* para la remoción de turbidez y color en aguas crudas” que consiste en la utilización del coagulante en polvo en tres dosis diferentes de 50 mg por litro, 75 mg por litro y 90 mg por litro con una velocidad de 20 rpm, 30 rpm y 40 rpm.

Los resultados indicaron 85.76 % removi6 la turbidez y de color 57.17 %, siendo la dosis más eficiente la de 50 mg/L con la velocidad de agitación de 40 rpm.

### **1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA**

#### **1.3.1. Goma de *Caesalpinia spinosa*.**

Según **ALNICOLSA DEL PERÚ (2018)** La goma de tara, es un polisacárido que se disuelve fácilmente en el agua y se deriva del endospermo triturado de la semilla de Tara. Las semillas están encerradas en vainas de ocho a diez cm de longitud que tienen aproximadamente de cuatro a siete semillas de 6 a 7 mm de diámetro.

Las propiedades químicas promedio de la goma de Tara tienen 80% galactomannan, 13.76 % agua, 2.5 % proteína, 2 % residuo insoluble en ácidos o fibra cruda, 0,53 % ceniza, 0,7 % grasa, cero arsénico, y cero plomo.

#### **1.3.2. Tara en Perú.**

Según **Ministerio de Agricultura y Riego (MINAM, S.N)**. En nuestro país se produce el 80 % de tara y los departamentos que obtienen la cantidad más alta en producir son: Cajamarca (41 %), Ayacucho (16 %), La Libertad (13 %) y Huánuco (13 %). En Ica y Lambayeque se está comenzando la producción de este polímero. A pesar de ello se exporta cinco mil toneladas, puesto que la demanda es de cien mil toneladas, y los principales mercados exportables son EE. UU, Alemania, Suiza, España e Italia.

Se estima que la tara es un producto muy beneficioso para la agro exportación, en vista de que ha tenido un buen acogimiento y subida de precios a nivel mundial, aun cuando el Perú ocupa el primer puesto en producción de todo el mundo, solo exporta cinco mil Tn/año.

Los derivados de las semillas de dicho producto, obtienen mayor costo en el mercado internacional, como el polvo de Tara que puede superar los US\$ 820 Tn en Puerto Peruano y se triplica en Europa.

Debido a esta gran acogida internacional por dicho producto es necesario aumentar la producción del polímero en los diferentes departamentos de Perú e incentivar para que se realice.

### 1.3.3. *Opuntia ficus indica*.

#### **Temas de farmacognosia. plantas medicinales. productos naturales (s.f.)**

“La *Opuntia ficus indica* pertenece a las cactáceas, tiene un tallo de hasta 20 cm de diámetro formada por segmentos o filocladios superpuestos o engarzados en forma de palas”. No tienen hojas y están tienen un periodo de vida corta ya que se secan y caen rápido, estas contienen muchas espinas alrededor de los filocladios. Esta planta de origen de América, sobre todo de la zona de México y sur de los Estados Unidos. Es nativo de regiones con clima templados a subtropicales.

**Propiedades, aplicaciones y efectos secundarios (s.f.)** Así como lo usan sirve para adelgazar, impermeabilizar, mejorar la adherencia de la pintura, uso medicinal y como coagulante ya que está compuesto por: niacina, tiamina, riboflavina, minerales como: fosforo, potasio, calcio, hierro, selenio, cobre, zinc y sodio, así como la mayoría de los cactus el tallo y los gladiolos tienen cerca de un 90 % de agua, carbohidratos y grasa. Por lo contrario, el fruto de la tuna está compuesta por 12 % azúcar y 6.5 % de elementos nitrogenados.

#### **Método de extracción del mucílago**

**Pérez, Charua, y Fernández (S.F)** Se compara la extracción del mucílago y la goma de la tuna con tres diferentes métodos para la extracción, con el fin de identificar si influye el aspecto del método de extracción con la efectividad.

- **Método 1:** se limpia sus espinas, se pela y se corta en cuadrados pequeños para luego remojarla en agua destilada a 40°C en baño maría por un promedio de 4 horas. A continuación, se coloca alcohol isopropílico para que facilite la separación del mucílago y el agua. Por último, se filtró y dejó secar en un horno a 70°C.

- **Método 2:** se limpia sus espinas, se pela y se corta en cuadrados pequeños y se deja remojando en agua destilada por 24 horas, luego se presiona y filtra para lograr la mayor cantidad de mucílago.
- **Método 3:** se limpia sus espinas, se pela y se machacó en agua destilada, por último, se coloca al calentador por 10 minutos a 90°C y se centrifuga.

Donde aplicando el método 1 la concentración Brix 17 %, en el método 2 es 15 % y el método 3 es 8 %. Por conclusión en los métodos de extracción influye en lo más mínimo la eficiencia del mucílago, si no en el rendimiento, puesto que el método 3 presentó menor cantidad del polisacárido. **León, Méndez y Rodríguez, (2010)** Aumenta el rendimiento del mucílago en polvo cuando ingresa aire y varía la temperatura.

#### **1.3.4. Sulfato de aluminio.**

Bolívar, (s.f) Es una sustancia que se puede encontrar en forma sólida en polvo de color blanco y en forma líquida, se utiliza para limpieza de piscinas, para tratamiento de aguas por su poder de coagulante y floculante puesto que es salubre en el agua, también se utiliza como espuma para apagar el fuego.

Dicho producto es una sal inorgánica, que si se utiliza en exceso para tratar aguas potables puede que se instalen en los pulmones o cerebro provocando daños severos ya que este es un metal y tiene un poder tóxico si se llega a poner el polvo directo a la piel provocando irritación, el digerirlo por medio de la purificación del agua puede provocar diarreas, irritación al estómago y vómitos.

### **1.3.5. Demanda Biológica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>).**

Es un parámetro donde se realiza de forma indispensable donde se necesita verificar la calidad de agua de ríos, lagunas o efluentes. Si se muestra alta cantidad de materia orgánica, entonces más oxígeno van a necesitar los microorganismos para oxidarla.

La determinación de DBO<sub>5</sub> que nos señala la presencia y biodegradabilidad de la materia orgánica presente, es una forma de estimar la dosis de oxígeno y poder conocer la prontitud en dicho material va a ser metabolizado por los microorganismos que consumen la materia orgánica debido a que mayormente se hallan localizadas en las aguas residuales.

En conclusión la DBO<sub>5</sub> mide el oxígeno consumido por los microorganismos en cinco días.

### **1.3.6. Demanda Química de oxígeno (DQO).**

Es un parámetro que mide el oxígeno de la materia orgánica donde se producen dos procesos de digestión y catalización, el método más recomendado es con el dicromato ya que tiende a oxidar más rápido la materia orgánica.

### **1.3.7. Coagulantes.**

Castillo y Gómez (2012) es un proceso donde se produce la unión de las pequeñas partículas con el fin de que las partículas se conviertan en grandes que se llaman flóculos, pesen y así se precipiten, como por ejemplo partículas muy pequeñas como son los coloides que ni con pasar un filtro se pueden retirar.

El proceso de coagulación consta de 3 etapas: la desestabilización de las partículas, la interacción contaminante con coagulante y por último favorece a la agrupación de partículas. La velocidad de agitación debe comenzar fuerte y por último lento ya que eso permite el aumento y peso del flóculo, para que ayude al siguiente proceso que es la floculación.

### **1.3.8. Floculante.**

Castillo y Gómez (2012) el proceso de floculación se realiza la agitación de la masa coagulada con el propósito de aumentar su peso y tamaño para así sedimentar con mayor simpleza. En este proceso la agitación debe ser de manera lenta para que se produzca la unión de los flóculos.

### **1.3.9. Prueba de jarras.**

Cardenas (2000) dicha prueba es un método donde se desarrolla el proceso de coagulación y floculación, que se realiza en diferentes tiempos y velocidades de agitación con el fin de analizar y producir agua con mejor calidad.

## **1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Quién es más eficiente el mucílago de *Opuntia ficus indica* o la goma de *Caesalpinia spinosa* para la mejora de la calidad de agua residual de camal?

## **1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

El presente trabajo de investigación se priorizó por la problemática que presenta el distrito de José Leonardo Ortiz con respecto a los camales o mataderos, puesto que no cuentan con un adecuado flujo drenaje y este va a parar directo al mar afectando al ecosistema marino.

Como lo menciono la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, (SUNASS, 2008) en un estudio realizado se concluyó que en el año 2007 en Perú se recolectaba 747,3 millones de metros cúbicos de aguas residuales, a causa de las descargas, que los usuarios se encontraban conectados al servicio, donde solo se trataba un 29.1b% y lo resto se emitía directo al mar.

Por lo que pretendo brindar resultados acerca de la eficiencia del mucílago de *Opuntia ficus indica* y la goma de *Caesalpinia spinosa* para reducir los contaminantes presentes en estas aguas residuales, aprovechando los recursos

vegetales en nuestro país, contribuyendo con el ambiente, mejorando la calidad de vida de la población y aportando a la conservación de nuestro ecosistema. Para que el impacto negativo sea menor y mitigando los malos olores, moscas y focos infecciosos para la población.

Como también haciendo uso de plantas naturales nativos de Perú, conociendo sus beneficios que tiene y evitando así el uso de productos químicos en el tratamiento de aguas residuales.

## **1.6. HIPÓTESIS**

La goma de *Caesalpinia spinosa* es más eficiente que el mucílago de *Opuntia ficus indica* en la mejora de la calidad de agua residual de camal.

## **1.7. OBJETIVOS**

### **1.7.1. Objetivo general.**

Comparar la eficiencia del mucílago de *Opuntia ficus indica* y la goma de *Caesalpinia spinosa* en la mejora de la calidad de agua residual de camal.

### **1.7.2. Objetivos específicos.**

- Determinar la calidad del agua residual de camal antes del tratamiento.
- Dosificar el coagulante natural mucílago de *Opuntia ficus indica* y la goma de *Caesalpinia spinosa*.
- Determinar la calidad del agua residual de camal después de los tratamientos.
- Evaluar la eficiencia de los coagulantes del mucílago de *Opuntia ficus indica* y la goma de *Caesalpinia spinosa* en la mejora de calidad del agua residual de camal.

## II. MÉTODO

### 2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Diseño experimental- cuasi experimental, comparativo.

Cardona (2003) El método cuasi-experimental que se utiliza para estudiar problemas que no se pueden tener control absoluto, pero se pretende tener un mayor control posible aun cuando se estén usando grupos ya formados.

### 2.2. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

#### VARIABLE INDEPENDIENTE:

Eficiencia del mucílago de *Opuntia ficus indica* y la goma de *Caesalpinia spinosa*.

#### VARIABLE DEPENDIENTE:

Calidad del agua residual de camal.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	RANGO
Eficiencia del mucílago de <i>Opuntia ficus indica</i> y la goma de <i>Caesalpinia spinosa</i> .	Mucílago de <i>Opuntia ficus indica</i> : Es una sustancia hidrocoloide que se extrae del cladodios, Heteropolisacárida (con residuos de arabinosa, galactosa, ramnosa y xilosa como azúcares neutros).	Se realizó prueba de jarras que teniendo 6 muestras de 800 ml de agua residual de camal, donde se aplicó dosis de 40 ml/L, 60 ml/L, 80 ml/L para determinar	CONCENTRACIÓN del mucílago de <i>Opuntia ficus indica</i>	40 ml/L 60 ml/L 80 ml/L
	Goma de <i>Caesalpinia spinosa</i> : Es una goma natural obtenida de las semillas de la tara, también es un hidrocoloide constituido por unidades galactosa y manosa.	cuál es más eficiente si el mucílago de <i>Opuntia ficus indica</i> o la goma de <i>Caesalpinia spinosa</i> .	CONCENTRACIÓN de la goma de <i>Caesalpinia spinosa</i>	40 ml/L 60 ml/L 80 ml/L

<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>
Calidad del agua residual de camal	La calidad de agua residual se determina a través de sus propiedades físico químicas que tiene, con el fin de que no presente alguna alteración o daño al ambiente y ecosistema de los cuerpos de agua.	Se realizó prueba de jarras que teniendo 6	Temperatura		°C
		muestras de 800 ml de agua residual de camal,	Características físicas	pH	pH
		donde se aplicó dosis de 40 ml, 60 ml, 80 ml		turbidez	NTU
		para determinar cuál es más eficiente si el	Características químicas	conductividad	mS/cm
		mucílago de <i>Opuntia</i>		DBO	Mg/l
		<i>ficus indica</i> o la goma de		DQO	Mg/l
		<i>Caesalpinia spinosa</i> .			

### **2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA**

**Población:** En el presente trabajo de investigación, la población estuvo conformada por el agua residual del camal de José Leonardo Ortiz.

**Muestra:** En el presente trabajo de investigación, la muestra estuvo conformada por 8 litros de agua residual de dicho camal.

**Muestreo:** En el trabajo de investigación el muestreo fue por conveniencia - transversal.

### **2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD**

#### **2.4.1. Técnicas de recolección de datos.**

Este presente trabajo de investigación se realizó de la siguiente manera:

##### **a. Técnicas de campo (recolección de muestra)**

El agua contaminada se recolectó en las tuberías de drenaje del agua residual del camal ya que el tipo de muestreo es por conveniencia, la muestra de 8 litros se depositó en botellas plásticas previamente enjuagadas con el agua contaminada luego se colocó en un cooler hasta llevarlo al laboratorio, el procedimiento se realizó siguiendo un protocolo de recolección de muestras.

##### **b. Técnicas de laboratorio**

###### **Determinación de pH**

Para determinar el pH, se utilizará el peachímetro para determinar en qué rango se encuentra el agua residual de camal, la cantidad de agua para dicho análisis es de 50 ml de la muestra, donde calcula los iones de hidrogeno presentes y poder demostrar en la escala de 0-14 se encuentra la muestra, si su pH es de 0-6 el agua es acida, si pH es 7 es neutra o si el pH es de 8-14 es básica.

### **Determinación de conductividad eléctrica**

Para calcular la conductividad eléctrica se necesitó 10 ml de la muestra y para medir se utilizó el conductímetro, ya que con dicho parámetro se podrá identificar cuanto de sales hay en el agua.

### **Determinación de DBO5**

Para calcular el oxígeno disuelto se determinó por el método Winkler, esta técnica de oxígeno disuelto pasará por dos fases una de preservación y otra de titulación.

### **Determinación de DQO<sub>5</sub>**

Se realizó dicho análisis para saber cuánto es el consumo de oxígeno de los microorganismos en el agua. Se determinará a través de técnicas de materia orgánica combinada en proceso de digestión cerrado ya que consume menos reactivos y el proceso de catalización. Donde se realizó con el método dicromato potásico.

Para llevar a cabo la DQO<sub>5</sub> se utilizó los reactivos de rango alto y se utilizó un blanco (testigo) y la muestra para que se prepare el proceso de digestión por fotometría.

La oxigenación del agua, es directamente a la solubilización del oxígeno atmosférico y minoritariamente a su generación en la fotosíntesis, se produce en las algas. Sin embargo, el oxígeno desarrollado en el día, se agota en fracción durante la noche, cuando las algas consumen oxígeno para su metabolismo después del deceso de las algas la degradación de esta biomasa de igual forma consume oxígeno. Por eso se ha oxigenado el agua por 1 hora.

### **Determinación de la turbidez**

El método que se utilizó es el nefelométrico que son expresados en unidades nefelométricas.

### **Obtención del coagulante natural - mucílago de *Opuntia ficus indica***

Los cladodios se van limpiar y cortar manualmente, para proceder con una navaja a cortar en trozos pequeños. Luego se va colocar en un recipiente con agua destilada para ayudar a extraer el mucílago, a continuación, se procede a filtrar y depositar el mucílago.

#### **2.4.2. Instrumentos, materiales y equipos de recolección de datos.**

##### **Materiales de campo**

- Guantes
- Mascarilla
- Lentes de seguridad
- Guardapolvo
- Lapicero
- Libreta de campo
- Botellas plásticas

##### **Materiales de laboratorio**

- Peachimetro
- Agua destilada
- Guantes, mascarilla y guardapolvo
- Tubos de ensayo
- Vasos de precipitación
- Varilla de vidrio
- Bureta de 50 ml
- Probeta de 100 ml
- Matraz Erlenmeyer de 100 ml
- Pipeta volumétrica de 1 ml, 3 ml
- Papel filtro
- Botellas Winkler

### **Equipos de laboratorio**

- Termoreactor
- Bureta electrónica
- Refrigerador
- Balanza analítica o granataria
- Prueba de jarras
- Turbidímetro
- Conductímetro
- Refractómetro portátil
- Fotómetro

### **Reactivos**

- Sulfato de aluminio
- 1ml de Solución de Cloruro férrico
- 1ml de Solución de Cloruro de calcio
- 1ml de Sulfato magnesio
- 1ml de solución de tampón fosfato

### **Coagulantes naturales**

- Mucilago de *Opuntia ficus indica* (tuna)
- Goma de *Caesalpinia spinosa* (tara)

#### **2.4.3. Validez y confiabilidad.**

La validación de este trabajo de investigación en los análisis físico químicos (pH, conductividad eléctrica, temperatura, turbidez, sólidos totales disueltos, demanda química de oxígeno, demanda biológica de oxígeno) se realizó, en el laboratorio de biotecnología de la Universidad César Vallejo, siguiendo con los métodos y procedimientos acreditados.

## 2.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

En esta investigación, se utilizó el programa Excel, representado en grafico de barras para la identificación del comportamiento de las variables.

## 2.6. ASPECTOS ÉTICOS

En este estudio los resultados fueron auténticos, donde el muestreo se realizó con total responsabilidad y verdadera, resaltando que la información es veraz, la utilización de coagulante natural fue ex situ, donde se analizó las características de la calidad de agua, ya que estos aspectos, en todo momento respaldaran el carácter de investigación científica de la presente tesis.

# III. RESULTADOS

## 3.1. ANALISIS FISICOQUIMICOS DEL AGUA RESIDUAL DE CAMAL DE JOSÉ LEONARDO ORTIZ

Tabla 1

*Resultado del análisis del agua residual de camal*

PARÁMETROS	RESULTADO
pH	7.27
Conductividad eléctrica (mS/cm)	1.83
Temperatura (°C)	23.3
Solidos totales disueltos (ppm)	686
Demanda química de oxígeno (mg/L)	1890
Demanda biológica de oxígeno (mg/L)	403
Turbidez (NTU)	310

*Fuente elaboración propia*

### 3.2. DOSIS DEL MUCÍLAGO *Opuntia ficus indica* Y LA GOMA DE *Caesalpinia spinosa*

Tabla 2

*Dosis para el tratamiento*

<b>Mucílago <i>Opuntia ficus indica</i> (tuna)</b>	<b>Goma de <i>Caesalpinia spinosa</i> (tara)</b>
40 ml	Solución de 40 ml con una concentración de 0.01 g/ml de tara
60 ml	Solución de 60 ml con una concentración de 0.01 g/ml de tara
80 ml	Solución de 80 ml con una concentración de 0.01 g/ml de tara

*Fuente elaboración propia*

Se utilizó 5 µm de sulfato de aluminio para cada dosis de ambos tratamientos.

### 3.3. ANÁLISIS DEL MUCÍLAGO DE LA TUNA

Los resultados fueron: 4.63 pH, conductividad eléctrica 8.64 mS/cm, también se determinó con el refractómetro la concentración de °Brix que fue de 1.4 % con una temperatura 26.2°

### 3.4. CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL DE CAMAL DESPUES DEL TRATAMIENTO

Tabla 3

*Análisis físicos y químicos después del tratamiento*

PARÁMETROS	T1:	T2:	T3:	T4:	T5:	T6:	Sin tratamiento
	Tara 40 ml	tara 60 ml	Tara 80 ml	tuna 40 ml	tuna 60 ml	tuna 80 ml	
pH	4.37	4.31	4.31	4.41	4.30	4.38	7.27
Conductividad eléctrica (ms/cm)	3.62	2.88	3.40	3.96	4.07	4.12	1.83
Temperatura(°C)	21.36	21.61	21.61	21.42	21.32	21.01	23.3
Solidos totales disueltos (ppm)	1811	1700	1921	2039	2038	2062	686
DQO (mg/L)	1375	752	1877	2781	4405	2874	1890
DBO (mg/L)	576.9	513.9	533	488	582	503	403
Turbidez	5.30	8.70	11	240	350	160	310

*Fuente elaboración propia*

#### 3.4.1. VELOCIDAD DE LA PRUEBA DE JARRAS

Tabla 4

*Velocidades de la prueba de jarras*

<b>Mezcla rápida</b>	
Velocidad	300 rpm
Tiempo	5 minutos
<b>Mezcla lenta</b>	
Velocidad	45 rpm
Gradiente	40 S <sup>-1</sup>
Tiempo	20 minutos
<b>Sedimentación</b>	
Tiempo	3 horas

*Fuente elaboración propia*

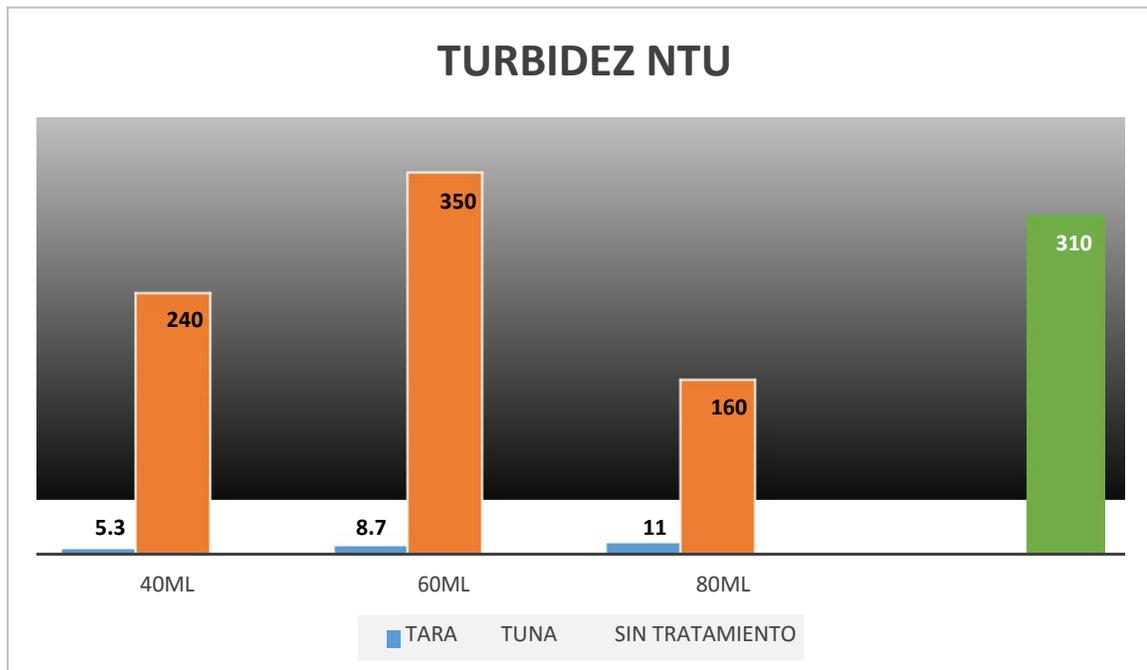
**3.5. COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL MUCÍLAGO DE *Opuntia ficus indica* (tuna) y LA GOMA DE *Casalpinia spinosa* (tara).**

Tabla 5

*Determinación de la turbidez*

PARÁMETROS	T1: Tara 40 ml	T2: tara 60 ml	T3: tara 80 ml	T4: tuna 40 ml	T5: tuna 60 ml	T6: tuna 80 ml	Sin tratamiento
Turbidez	5.30	8.70	11	240	350	160	310

*Fuente elaboración propia*



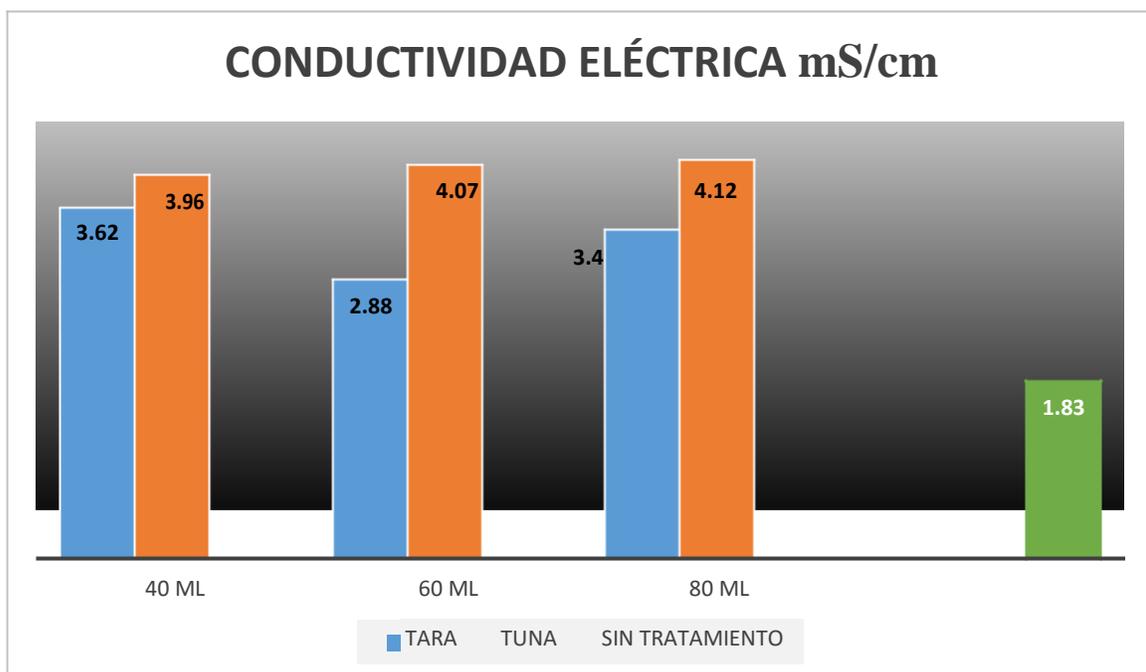
De acuerdo al grafico se puede observar que en la muestra sin tratamiento la turbidez es de 310 NTU, y al aplicar las diferentes dosis de goma de tara y el mucílago de la tuna, la dosis que presentó mayor eficiencia en la mejora de calidad del agua residual fue la goma de tara con la dosis de 40 ml que redujo la turbidez en 5.3 NTU, puesto que con el mucílago de tuna con la dosis de 40 ml bajo su turbidez solo en 240 NTU.

Tabla 6

*Determinación de conductividad eléctrica*

PARÁMETROS	T1: Tara 40 ml	T2: tara 60 ml	T3: tara 80 ml	T4: tuna 40 ml	T5: tuna 60 ml	T6: tuna 80 ml	Sin tratamiento
Conductividad eléctrica (ms/cm)	3.62	2.88	3.40	3.96	4.07	4.12	1.83

*Fuente elaboración propia*



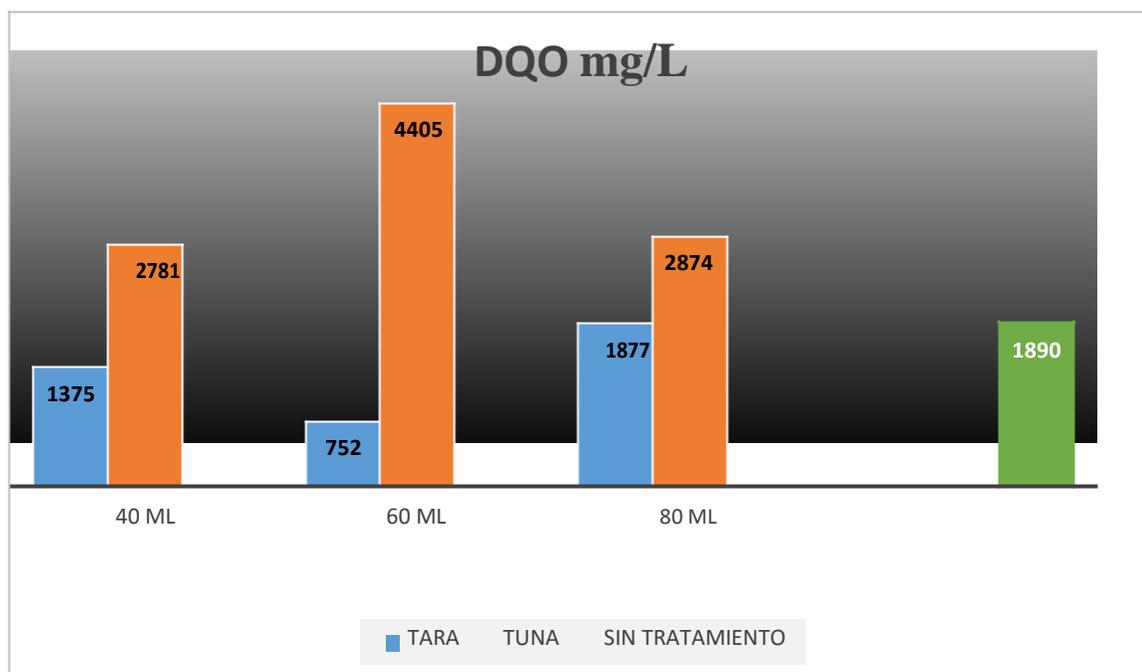
De acuerdo al grafico se puede observar que la muestra sin tratamiento la conductividad eléctrica es de 1.83 mS/cm, al aplicar las diferentes dosis de goma de tara y el mucílago de la tuna, presento que ambas alteran la conductividad eléctrica inicial. Sin embargo, la dosis que presento menor alteración fue la goma de tara con la dosis de 60 ml con la conductividad eléctrica de 2.88 mS/cm.

Tabla 7

*Determinación de la DQO*

PARÁMETROS	T1: Tara 40 ml	T2: tara 60 ml	T3: tara 80 ml	T4: tuna 40 ml	T5: tuna 60 ml	T6: tuna 80 ml	Sin tratamiento
DQO (mg/L)	1375	752	1877	2781	4405	2874	1890

*Fuente elaboración propia*



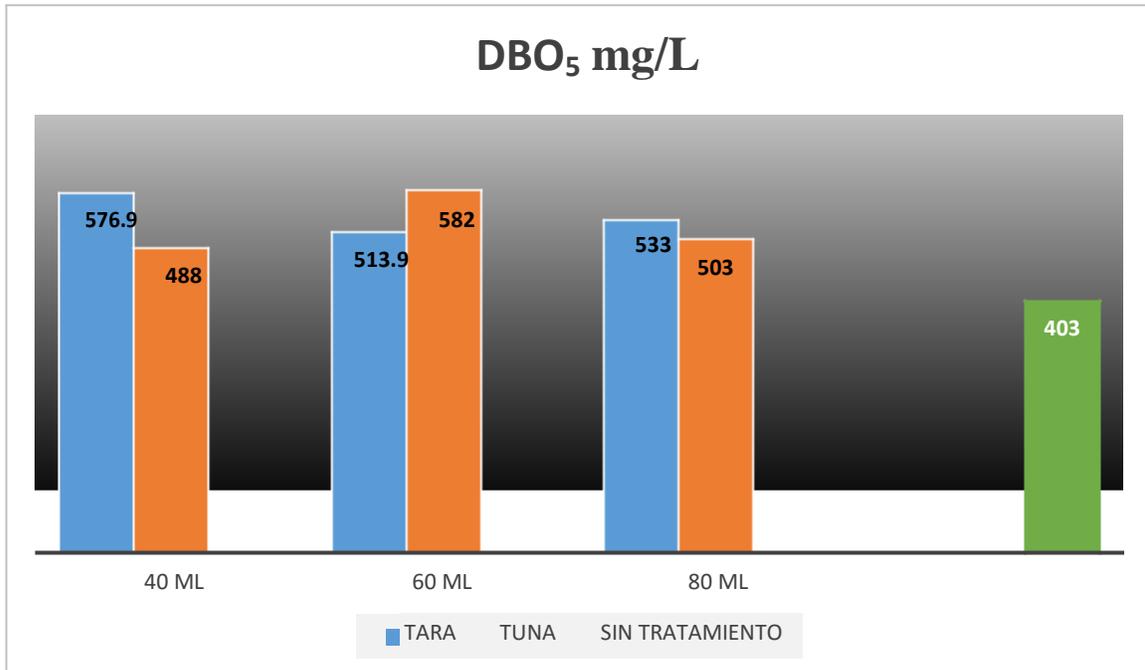
De acuerdo al grafico se puede observar que la muestra sin tratamiento la DQO es 1890 mg/L, al aplicar las diferentes dosis de goma de tara y el mucílago de la tuna, la dosis que presento mayor eficiencia en la mejora de calidad de agua residual fue la goma de tara con la dosis de 60 ml que redujo significativamente la DQO a 752 mg/L, puesto que con el mucílago de la tuna con la dosis de 60 ml subió la DQO a 4405 sobre pasando la DQO inicial de la muestra.

Tabla 8

Determinación de la DBO<sub>5</sub>

PARÁMETROS	T1: Tara 40 ml	T2: tara 60 ml	T3: Tara 80 ml	T4: tuna 40 ml	T5: tuna 60 ml	T6: tuna 80 ml	Sin tratamiento
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	576.9	513.9	533	488	582	503	403

Fuente elaboración propia



De acuerdo al grafico se puede observar que la muestra sin tratamiento la DBO<sub>5</sub> es 403 mg/L, al aplicar las diferentes dosis de goma de tara y el mucílago de la tuna, presento que ambas alteran la DBO<sub>5</sub>, sin embargo, la dosis que presento menor alteración es el mucílago de la tuna en la dosis de 40 ml con 488 mg/L.

### 3.5.1. CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE REMOCIÓN

El porcentaje de remoción de la turbidez se calculó de acuerdo a

$$\% \text{ de remoción de turbidez} = \frac{T_0 - T_{f-3h}}{T_0} \times 100$$

Dónde:

$T_0 = \text{turbidez inicial}$

$T_{f-3h} = \text{turbidez final despues de 3 horas de sedimentación}$

A. Tratamiento con la goma de tara- dosis 40 ml

$$\% \text{ de remoción de turbidez} = \frac{310 - 5.30}{310} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción de turbidez} = 98.29\%$$

B. Tratamiento con la goma de tara- dosis 60 ml

$$\% \text{ de remoción de turbidez} = \frac{310 - 8.70}{310} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción de turbidez} = 97.19\%$$

C. Tratamiento con la goma de tara- dosis 80 ml

$$\% \text{ de remoción de turbidez} = \frac{310 - 11}{310} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción de turbidez} = 96.45\%$$

D. Tratamiento con el mucílago de la tuna- dosis de 40 ml

$$\% \text{ de remoción de turbidez} = \frac{310 - 240}{310} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción de turbidez} = 22.58\%$$

E. Tratamiento con el mucílago de la tuna- dosis de 60 ml

$$\% \text{ de remoción de turbidez} = \frac{310 - 350}{310} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción de turbidez} = -12.90\%$$

F. Tratamiento con el mucílago de la tuna- dosis de 80 ml

$$\% \text{ de remoción de turbidez} = \frac{310 - 160}{310} \times 100$$

$$\% \text{ de remoción de turbidez} = 48.38\%$$

### 3.5.2. CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN

En el porcentaje de la eficiencia de remoción de carga contaminante de acuerdo a:

$$E = \frac{S_o - S}{S_o} \times 100$$

Dónde:

E= eficiencia de remoción del sistema (%)

So= entrada de la carga contaminante de (DQO mg/L, DBO<sub>5</sub> mg/L)

S= salida de la carga del contaminante

#### Eficiencia en la DQO

A. Tratamiento con la goma de tara- dosis 40 ml

$$E = \frac{1890 - 1375}{1890} \times 100$$

$$E = 27.24\%$$

B. Tratamiento con la goma de tara- dosis 60 ml

$$E = \frac{1890 - 752}{1890} \times 100$$

$$E = 60.21\%$$

C. Tratamiento con la goma de tara- dosis 80 ml

$$E = \frac{1890 - 1877}{1890} \times 100$$

$$E = 0.68\%$$

D. Tratamiento con el mucílago de la tuna- dosis de 40 ml

$$E = \frac{1890 - 2781}{1890} \times 100$$

$$E = -47.14\%$$

E. Tratamiento con el mucílago de la tuna- dosis de 60 ml

$$E = \frac{1890 - 4405}{1890} \times 100$$

$$E = -133\%$$

F. Tratamiento con el mucílago de la tuna- dosis de 80 ml

$$E = \frac{1890 - 2874}{1890} \times 100$$

$$E = -52.06\%$$

### **Eficiencia en la DBO<sub>5</sub>**

A. Tratamiento con la goma de tara- dosis 40 ml

$$E = \frac{403 - 576.9}{403} \times 100$$

$$E = -43.15\%$$

B. Tratamiento con la goma de tara- dosis 60 ml

$$E = \frac{403 - 513.9}{403} \times 100$$

$$E = -27.51\%$$

C. Tratamiento con la goma de tara- dosis 80 ml

$$E = \frac{403 - 533}{403} \times 100$$

$$E = -32.25\%$$

D. Tratamiento con el mucílago de la tuna- dosis de 40ml

$$E = \frac{403 - 488}{403} \times 100$$

$$E = -21.09\%$$

E. Tratamiento con el mucílago de la tuna- dosis de 60 ml

$$E = \frac{403 - 582}{403} \times 100$$

$$E = -44.41\%$$

F. Tratamiento con el mucílago de la tuna- dosis de 80 ml

$$E = \frac{403 - 503}{403} \times 100$$

$$E = -24.81\%$$

#### IV. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la investigación, muestra que el mucílago de la *opuntia ficus indica* entre las dosis 40 ml, 60 ml y 80 ml la dosis más eficiente es de 80 ml que tuvo un poder de remoción de 48.38 % de turbidez, sin embargo en los demás parámetros los alteró, la DBO<sub>5</sub>, DQO y en la conductividad eléctrica del mucílago de la tuna que se midió al coagulante fue de 8.64 mS/cm, debido esto la conductividad eléctrica subió de 1.83 mS/cm la medida sin el tratamiento a 4.12 mS/cm después del tratamiento.

A continuación con los resultados del trabajo de investigación de Villabona, Paz y Martínez (2013) guarda relación porque se realizó la prueba de jarras con una velocidad rápida al principio y luego por una lenta por 20 minutos, su objetivo fue comparar la eficiencia entre la tuna y el sulfato de aluminio (alumbre) analizando los parámetros turbidez, color, pH, sólidos disueltos totales y turbidez, el tipo de aguas a analizar fue agua turbia del rio Magdalena (Colombia) presentando menos agentes contaminantes a comparación del agua residual de camal.

Los resultados fueron: en menor dosis trabaja bien el mucílago de la tuna pues llegó a reducir la turbidez en más de un 50 % llegando hasta un 96 % y 98 % con la tuna, sin embargo, en los demás parámetros como en la conductividad eléctrica y pH se ven afectados por el tratamiento inorgánico del sulfato de aluminio.

En comparación con la goma de la *Caesalpinia spinosa*, la dosis que superó la eficiencia del mucílago de la tuna fue con la dosis de solución de 40 ml con una concentración de 0.01 g/ml de tara resultando un porcentaje de remoción de 97.19 % en la turbidez y la DQO redujo un 60.21 %.

En el trabajo de investigación de Moreno (2016) donde comparo la *Caesalpinia spinosa*, *Aloe vera* y *Opuntia ficus indica* en los de tiempos de (5 min, 15 min y 20 min) y velocidades de (100 rpm y 200 rpm) con las cantidades de (6 gr y 9 gr) para cada tratamiento de agua de río.

Logrando reducir la turbidez con el mucílago de la *Opuntia ficus indica* 61.09 %, *Caesalpinia spinosa* 48.47 % y *Aloe vera* 42.48% siendo la más eficiente la *Opuntia ficus indica*.

Para que la Goma de tara sea más eficiente es necesario reducir la dosis preferible menor de 0.9 gramos de tara, pero diluida, debido a que sus propiedades de coagulación son muy altos, pueda trabajar mejor y no se sature.

## V. CONCLUSIONES

1. El análisis físico y químico del agua residual antes del tratamiento presentó un pH neutro de 7.27, conductividad eléctrica de 1.83  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , turbidez de 310 NTU, sólidos totales disueltos de 686ppm, DQO 1890mg/L y DBO<sub>5</sub> 403mg/L.
2. La dosis de los coagulantes naturales del mucílago de *Opuntia ficus indica* (tuna) fue de 40 ml, 60 ml y 80 ml y la goma de *Caesalpinia spinosa* (tara) fue de 40 ml, 60 ml y 80 ml de solución de tara con la concentración de 0.01 g/ml para cada uno.
3. Después del tratamiento los análisis físico y químico cambiaron para el coagulante natural de la goma de tara y el mucílago de la tuna para las diferentes dosis fue: pH ácido entre 4.31- 4.41, conductividad eléctrica aumento entre 2.88 mS/cm - 4.07 mS/cm debido al mucilago de la tuna que tiene 4.63 pH, turbidez bajo entre 5.30 UNT- 240 UNT resultando la dosis más eficiente la goma de tara en 40ml, los sólidos totales disueltos subió entre 1700 ppm -1811 ppm, en la DQO solo la dosis que bajo fue la goma de tara de 60 ml con 752 mg/L, en la DBO<sub>5</sub> no bajo en ninguno de los tratamientos.
4. En la utilización de ambos tratamientos, el que fue más eficiente en la mejora de calidad de agua residual de camal fue el hidrocoloide de la goma de tara con la dosis de solución de 40 ml con una concentración de tara al 0.01 g/ml, que redujo un 97.19 %, y en la DQO redujo un 60.21 %, puesto que con la DBO<sub>5</sub> no se mostró ningún poder de reducción en ninguno de los dos tratamientos.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- La utilización de goma de tara para los procesos de coagulación y floculación para el tratamiento de aguas ya que tiene un poder de reducir los parámetros de turbidez a casi un 100 % y la DQO más de un 50 %, y así se aprovecha dicho polímero nativo de Perú sin causar daño al ambiente.
- Las entidades privadas o públicas que quieren invertir en el tratamiento de aguas residuales deben utilizar la goma de tara en una dosis de solución de 40 ml con una concentración de 0.01 g/ml de tara, porque en menor dosis funciona mejor.
- Realizar una dosificación del tratamiento más bajo de lo estudiado, con sus diferentes repeticiones para poder mejorar la investigación, porque puede que la baja dosificación de la tara sería un factor que influya en los resultados.

## VII. REFERENCIAS

Goma de tara [ALNICOLSA del Perú]. (Actualizado el 02 de Junio de 2018). [Fecha de consulta: 18 de abril del 2018]. Obtenido de: <http://taninos.tripod.com/goma.htm>

BRAVO, M y GUTIÉRREZ, J *Remoción de solidos suspendidos y materia orgánica de las aguas del rio pollo en Otuzco empleando semillas de Caesalpinia spinosa, tesis (Título de Ingeniero Ambiental).*

Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2016. [Fecha de consulta: 20 de abril del 2018]. Disponible en *Repositorio Institucional UNITRU*  
<http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/3275>

Cardenas, Y (Abril de 2000). [Tratamiento de agua coagulación y Floculación] SEDAPAL. [Fecha de consulta: 30 de abril del 2018]. Disponible en [http://www.sedapal.com.pe/c/document\\_library/get\\_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154](http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154)

Diseños Cuasiexperimentales Cardona, Angela (15 de Junio de 2003). [Fecha de consulta: 02 de junio del 2018]. Disponible en [http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/renacip/disenos\\_cuasiexperimentales.pdf](http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/renacip/disenos_cuasiexperimentales.pdf)

Potabilización de agua. [Obtenido de Procesos de tratamientos de aguas Coagulación y floculación]. Castillo, J., y Gómez, G. (24 de Febrero de 2012). [Fecha de consulta: 18 de junio del 2018]. Disponible en <https://www.slideshare.net/guillermo150782/coagulacion-y-floculacion>

CONTRERAS, K , AGUAS, Y, Jairo, SALCEDO, G., OLIVERO, R., y MENDOZA, G. *EL NOPAL (OPUNTIA FICUS INDICA) COMO COAGULANTE NATURAL COMPLEMENTARIO EN LA CLARIFICACIÓN DE AGUA*. Revista Scielo [en línea]. 2015 .p. 40-50. [Fecha de consulta: 24 de junio del 2018]. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v10n1/v10n1a04.pdf>

Ministerio de Agricultura y Riego [Fomenta producción de tara a gran escala para exportación] [S.N]. [Fecha de consulta: 24 de junio del 2018]. Recuperado de <http://minagri.gob.pe/portal/notas-de-prensa/2015/2900-peru-produce-el-80-de-la-tara-a-nivel-mundial>

OLIVERO, R., AGUAS, Y., MERCADO, I., CASAS, D., y MONTES, L. (2014). *UTILIZACIÓN DE TUNA (OPUNTIA FICUS-INDICA) COMO COAGULANTE NATURAL EN LA CLARIFICACIÓN DE AGUAS CRUDAS*. UNILIBRE [en línea]. p. 1-6. [Fecha de consulta: 25 de junio del 2018]. Disponible en <http://www.unilibre.edu.co/revistaavances/avances-11/art7.pdf>  
ISSN: 1794-4953

Radio Programa del Perú. [Camales municipales de Lambayeque presentan insalubridad]. [3 de junio de 2013]. pág. Párrafo 1. [ Fecha de consulta: 19 de abril del 2018]. Disponible en <http://rpp.pe/peru/actualidad/camales-municipales-de-lambayeque-presentan-insalubridad-noticia-600629>

REVELO, A., PROAÑO, D., y BANCHÓN, C. [Biocoagulación de aguas residuales de industria textilera mediante extractos de *Caesalpinia spinos*]. [2015]. *Enfoque UTE*, p.1-12. [Fecha de consulta: 30 de junio del 2018]. Disponible en <http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/index.php/revista/article/view/50>

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. [*Estudio diagnóstico situacional de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las EPS del Perú y propuestas de solución*]. [2008]. [ Fecha de consulta: 20 de julio del 2018], Lima: Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú . Disponible en [http://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/libro\\_ptar\\_gtz\\_sunass.pdf](http://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/libro_ptar_gtz_sunass.pdf)

*TEMAS DE FARMACOGNOSIA.*[PLANTAS MEDICINALES.PRODUCTOS NATURALES]. (s.f.). [Fecha de consulta: 20 de julio del 2018]. Disponible en <https://www.plantas-medicinal-farmacognosia.com/plantas-medicinales/nopal/>

UNESCO. (21 de Marzo de 2017). [*Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura*] [21 de marzo de 2017]. [Fecha de consulta: 25 de junio del 2018]. Disponible en: <https://es.unesco.org/news/son-aguas-residuales-nuevo-oro-negro>

VILLABONA, Ángel., PAZ, Isabel., y MARTÍNEZ, Jasser.[ Scielo], [en línea], Enero-Junio 2013 vol.10 n°1 p.40-50. [Fecha de consulta: 30 de junio del 2018]. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v10n1/v10n1a04.pdf>

Coagulación y floculación. [Potabilización de agua. Obtenido de Procesos de tratamientos de aguas]. CASTILLO, J y GÓMEZ, G, (24 de febrero de 2012). [Fecha de consulta: 20 de noviembre de 2018]. Recuperado de <https://www.slideshare.net/guillermo150782/coagulacion-y-floculacion>

LEÓN, F., MÉNDEZ, L y RODRÍGUEZ, J. [revista ELSEVIER], [en línea], 30 de Marzo de 2010 p.864-870. [Fecha de consulta: 20 de noviembre del 2018]. Disponible en <https://vdocuments.mx/spray-drying-of-nopal-mucilage-opuntia-ficus-indica-effects-on-powder-properties.html>

MARTÍNEZ, J., y GONZÁLEZ, L. Evaluación del poder coagulante de la tuna (*Opuntia ficus indica*) para la remoción de turbidez y color en aguas crudas. Tesis (Ingeniero Químico). Cartagena: Universidad de Cartagena, 2012. Disponible en <http://190.242.62.234:8080/jspui/bitstream/11227/137/1/EVALUACI%C3%93N%20DEL%20PODER%20COAGULANTE%20DE%20LA%20TUNA%20%28Opuntia%20ficus%20indica%29%20PARA%20LA%20REMOCI%C3%93N%20DE%20TURBIDEZ%20Y%20COLOR%20EN%20AGUAS%20CRUDAS..pdf>

MORENO, S. Disminución de la turbidez del agua del río Crisnejas en la comunidad de Chuquibamba Cajamarca. Tesis (Ingeniero Ambiental). Trujillo: Universidad César Vallejo, 2016. Disponible en [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/6854/moreno\\_ps.pdf?sequence=1](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/6854/moreno_ps.pdf?sequence=1)

Pérez, N., Charua, D., y Fernández, S. Revista sobre estudios de conservación, restauración y museología [en línea]. Volumen II, p. 158. [Fecha de consulta: 20 de noviembre de 2018]. Recuperado de <http://www.revistas.inah.gob.mx/index.php/estudiosconservacion/article/view/5473/6092>  
ISBN: 978-607-484-649-2

Propiedades, aplicaciones y efectos secundarios [Ácido hialurónico.ORG]. [Fecha de consulta: el 20 de Noviembre de 2018] recuperado de <https://www.acidohialuronico.org/opuntia-ficus-indica/>

SILVA, M. Extracción del mucílago de la penca de tuna y su aplicación en el proceso de coagulación floculación de aguas turbias. Tesis (Ingeniero Químico). Lima, Universidad Nacional de San Marcos, 2017. Disponible en [http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/7155/Silva\\_cm.pdf?sequence=1](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/7155/Silva_cm.pdf?sequence=1)

VILLABONA, Á., PAZ, I., y MARTÍNEZ, J. Revista Scielo [en línea]. Julio 2013, n.º 1. [Fecha de consulta: 20 de noviembre de 2018]. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/biote/v15n1/v15n1a14.pdf>

BOLÍVAR , G. (s.f). Sulfato de aluminio ( $Al_2(SO_4)_3$ ): estructura, usos, tipos, toxicidad.  
[Fecha de consulta: 23 de Noviembre de 2018]. Disponible en  
<https://www.lifeder.com/sulfato-de-aluminio/#Tipos>

## ANEXOS

### MATRIZ DE CONSISTENCIA PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

ESCUELA: INGENIERÍA AMBIENTAL

AUTOR: MONTENEGRO VALDIVIA JESSENIA PATRICIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	TIPO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN	TÉCNICAS	MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS
¿Quién es más eficiente el mucílago de <i>Opuntia ficus indica</i> o la goma de <i>Caesalpinia spinosa</i> para la mejora de la calidad de agua residual de camal?	<p><b>Objetivo general:</b> Comparar la eficiencia del mucílago de <i>Opuntia ficus indica</i> y la goma de <i>Caesalpinia spinosa</i> en la mejora de la calidad de agua residual de camal.</p> <p><b>Objetivos específicos</b> ❖ Determinar la calidad del agua residual de camal antes del tratamiento.</p>	La goma de <i>Caesalpinia spinosa</i> es más eficiente que el mucílago de <i>Opuntia ficus indica</i> en la mejora de la calidad de agua residual de camal.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficiencia del mucílago de <i>Opuntia ficus indica</i> y la goma de <i>Caesalpinia spinosa</i>.</li> <li>• Calidad del agua</li> </ul>	Experimental	Agua residual de camal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Técnica de campo (recolección de muestras)</li> <li>• Técnicas para análisis físicos químicos del agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tablas de barras</li> </ul>

<p>❖ Dosificar el coagulante natural mucílago de <i>Opuntia ficus indica</i> y la goma de <i>Caesalpinia spinosa</i>.</p> <p>❖ Determinar la calidad del agua residual de camal después de los tratamientos.</p> <p>❖ Evaluar la eficiencia de los coagulantes del mucílago de <i>Opuntia ficus indica</i> y la goma de <i>Caesalpinia spinosa</i> en la mejora de calidad del agua residual de camal.</p>		residual de camal.				
			<b>DISEÑO</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>•cuasi-experimental</li> <li>• Comparativa</li> </ul>	8 litros de agua residual de camal.	<ul style="list-style-type: none"> <li>–Turbidímetro</li> <li>–conductímetro</li> <li>–Potenciómetro (PH) y °C.</li> <li>–Peachimetro portátil</li> <li>–Prueba de jarras</li> <li>–Balanza analítica</li> <li>–Multiparametros</li> <li>–Oxímetro</li> </ul>	

Figura 1. Matriz de consistencia para la elaboración del proyecto de investigación.



*Figura 2. Efluente de agua del camal de José Leonardo Ortiz*



*Figura 3. Toma de muestras en el sistema de drenaje del agua residual del camal.*



*Figura 4. Prueba de jarras en el laboratorio de biotecnología de la Universidad César Vallejo.*



*Figura 5. Proceso de decantación del tratamiento en la prueba de jarras.*



*Figura 6. Medición de la turbidez.*



*Figura 7. Extracción del mucílago de la Opuntia ficus indica (tuna).*



Figura 8. Goma de *Caesalpinia spinosa* (tara) en polvo.



Figura 9. Proceso de la obtención de la goma de tara.



*Figura 10. Sulfato de aluminio en líquido.*