



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DEL QUITOSANO Y ALMIDON DE YUCA COMO COAGULANTES
NATURALES EN EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE UNA PLANTA DE
LACTEOS EN VALLEDUPAR**

AUTORES:

EDYS ALBERTO BLANCO CARBAJAL

CARLOS EDUARDO PACHECO LONDOÑO

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR - CESAR
2022**



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DEL QUITOSANO Y ALMIDON DE YUCA COMO COAGULANTES
NATURALES EN EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE UNA PLANTA DE
LACTEOS EN VALLEDUPAR**

AUTORES:

EDYS ALBERTO BLANCO CARBAJAL

CARLOS EDUARDO PACHECO LONDOÑO

DIRECTOR:

LINA PATRICIA RODRIGUEZ BECERRA

DOCENTE

CO-DIRECTOR:

LUIS ANGEL REALES MENDOZA

INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR - CESAR
2022**



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



DEDICATORIA

A mis padres, hermanos, familiares y amigos.

Este logro no habría sido posible sin su amor, apoyo y guía. A través de los años, ustedes han sido mi mayor motivación y fuerza. Gracias por su constante aliento, por estar a mi lado en los momentos difíciles, y por celebrar conmigo en los buenos momentos.

Este proyecto de grado es un reflejo de su amor y dedicación, y es un tributo a todo lo que me han enseñado. Espero que este logro les haga sentir orgullosos y que les recuerde lo mucho que los quiero y aprecio.

Con todo mi amor y gratitud.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todos aquellos que me han apoyado y guiado en este proyecto de grado.

A mi tutor, por su sabiduría, paciencia y dedicación en guiarme en cada paso de este proyecto. Gracias por compartir su conocimiento y experiencia conmigo, y por haber sido una fuente de inspiración y motivación en todo momento.

A mis compañeros de clase, por haberme acompañado en este camino y haber compartido conmigo su pasión y entusiasmo por el aprendizaje y el crecimiento personal.

A mis amigos, por haber sido mi apoyo emocional en los momentos de estrés y ansiedad, y por haberme brindado su amistad y compañía incondicional.

A mis padres, por su amor incondicional, su dedicación y sacrificio para brindarme la mejor educación y oportunidades en la vida.

Finalmente, quiero agradecer a todos aquellos que de alguna manera han contribuido a este proyecto, por haberme brindado su ayuda y apoyo en momentos cruciales.

Este logro no es solo mío, sino también de todos aquellos que me han acompañado en este camino. Gracias por todo su apoyo y por hacer de este proyecto de grado una experiencia inolvidable.

Con profunda gratitud.



TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTOS	5
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCION.....	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
2. JUSTIFICACIÓN	14
3. OBJETIVOS.....	15
3.1. OBJETIVO GENERAL	15
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
4. MARCO REFERENCIAL.....	16
4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
4.2. MARCO TEORICO	20
4.3. MARCO CONCEPTUAL	24
4.4. MARCO CONTEXTUAL	27
4.5. MARCO LEGAL	29
5. MARCO METODOLOGICO.....	32
5.1. LÍNEA Y SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN.....	32
5.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	32
5.3. POBLACIÓN DE ESTUDIO	32
5.4. MUESTRA POBLACIONAL	32
5.5. DESARROLLO METODOLÓGICO.....	33
6. RESULTADOS Y ANALISIS.....	44
7. CONCLUSIONES.....	62
8. RECOMENDACIONES.....	63
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	64
ANEXOS.....	70



Lista de Figuras

<i>Figura 1.</i> Departamento del Cesar y Municipio de Valledupar	28
<i>Figura 2.</i> Toma de Muestra.....	45
<i>Figura 3.</i> Quitosano Sigma Chemical Co.....	48
<i>Figura 4.</i> Coagulante obtenido Almidón de Yuca	49
<i>Figura 5.</i> Grafica Porcentaje de Remoción de Turbiedad (Quitosano y Almidón de Yuca)	56
<i>Figura 6.</i> Grafica Porcentaje de Remoción de Parámetros (Quitosano y Almidón de Yuca).....	61



Lista de Tablas

“Tabla 1. Marco Legal”	29
“Tabla 2. Análisis Fisicoquímico”	34
“Tabla 3. Paso a Paso Dosis Optima”	41
“Tabla 4. Resultados Caracterización Aguas Residuales Planta Lácteos”	46
“Tabla 5. Prueba Dosis Inicial (Quitosano)”	50
“Tabla 6. Prueba Dosis por Rango (Quitosano)”	50
“Tabla 7. Prueba 3 Dosis Optima (Quitosano)”	51
“Tabla 8. Prueba Dosis Inicial (Almidón de Yuca)”	52
“Tabla 9. Prueba Dosis por Rango (Almidón de Yuca)”	53
“Tabla 10. % Remoción de Turbiedad (Quitosano)”	54
“Tabla 11. % Remoción de Turbiedad (Almidón de Yuca)”	55
“Tabla 12. Análisis Parámetros Dosis Optima Quitosano”	57
“Tabla 13. Porcentaje Disminución Dosis Optima Quitosano”	57
“Tabla 14. Análisis Parámetros Dosis Optima Almidón De Yuca”	59
“Tabla 15. Porcentaje Disminución Dosis Optima Almidón de yuca”	59

RESUMEN

Se determinó la eficacia de los coagulantes naturales (quitosano y almidón de yuca) en el tratamiento de las aguas residuales y su eficiencia en la disminución de algunos parámetros fisicoquímicos presentes en las aguas tratadas en la planta procesadora de lácteos ubicada en la ciudad de Valledupar, dicho proyecto se dividió en dos etapas principales; la primera etapa implicó el análisis de las características fisicoquímicas de las muestras de aguas residuales provenientes de la planta de lácteos y la segunda etapa implicó la determinación de las dosis de coagulantes naturales necesarias en el tratamiento de las mismas culminando con un análisis de los datos y tabulación de los mismos.

En los análisis realizados se encontró que las aguas residuales de la planta procesadora de lácteos de Valledupar muchos de los parámetros de estudio no se encuentran dentro del rango permitido por la Resolución 0631 de 2015 que establece los parámetros límites máximos para las descargas de aguas residuales en cuerpos de agua, en dicho estudio se analizaron las características físico-químicas como pH, turbidez, SST, DQO, aceites y grasas. Además, se observó que el agua estaba muy turbia debido a la presencia de partículas suspendidas, la cantidad de SST en la muestra sugiere que hay una gran cantidad de materiales en suspensión en el agua y que hay una alta carga orgánica en el agua, en base a estos datos se comienzan a generar estudios para evaluar la eficacia en la utilización de los coagulantes naturales Quitosano y Almidón de yuca en estas aguas residuales.

Culminado el estudio se obtiene que el quitosano comercial demostró ser eficaz en la disminución de la turbiedad de las aguas residuales de la planta procesadora de lácteos, especialmente en dosis que van desde los 340 mg/L a 360 mg/L también denominadas como dosis óptimas, con una eficacia en la remoción de sólidos de un 97,9% y 99,1% respectivamente, aunque estos datos pueden variar dependiendo de las actividades que se realicen en la planta el día de beneficio (sacrificio animal), si la actividad es solo lavado o si en cambio también hay un procesamiento de la materia prima (Corte, esterilización, etc).

En cambio, el almidón de yuca no demostró ser tan efectivo para reducir la turbiedad del agua residual de la planta procesadora de lácteos, esto por algunas fallas al momento de obtener el coagulante o por la similitud que tienen en los colores aparente, por lo que el almidón puede estar aportándole una mayor turbiedad a la muestra de agua residual.

ABSTRACT

The effectiveness of natural coagulants (chitosan and cassava starch) in the treatment of wastewater and their efficiency in reducing some physicochemical parameters present in the treated water in the dairy processing plant located in the city of Valledupar was determined. This project was divided into two main stages; the first stage involved the analysis of the physicochemical characteristics of the wastewater samples from the dairy plant and the second stage involved the determination of the doses of natural coagulants necessary in the treatment of the same, culminating with an analysis of the data and tabulation of them.

In the analyses carried out, it was found that the wastewater from the dairy processing plant in Valledupar many of the study parameters are not within the range allowed by Resolution 0631 of 2015 that establishes the maximum limit parameters for wastewater discharges into water bodies, in this study the physicochemical characteristics such as pH, turbidity, TSS, COD, oils and fats were analyzed. In addition, it was observed that the water was very turbid due to the presence of suspended particles, the amount of TSS in the sample suggests that there is a large amount of suspended materials in the water and that there is a high organic load in the water, based on these data studies are started to evaluate the effectiveness in the use of natural coagulants Chitosan and Cassava Starch in these wastewaters.

At the end of the study it is obtained that commercial chitosan proved to be effective in reducing the turbidity of wastewater from the dairy processing plant, especially in doses ranging from 340 mg/L to 360 mg/L also called optimal doses, with an efficiency in solids removal of 67.4% and 88.2% respectively, although these data may vary depending on the activities they are carried out in the plant on the day of benefit (animal sacrifice), if the activity is only washing or if instead there is also a processing of the raw material (Cutting, sterilization, etc).

On the other hand, cassava starch did not prove to be so effective in reducing the turbidity of the wastewater from the dairy processing plant, this due to some failures at the time of obtaining the coagulant or due to the similarity they have in the apparent colors, so the starch may be contributing a greater turbidity to the wastewater sample.

INTRODUCCION

El agua es un recurso vital y su uso excesivo en la industria láctea produce una gran cantidad de aguas residuales que contienen contaminantes orgánicos e inorgánicos, violando la normatividad legal vigente, por lo que la utilización de coagulantes inorgánicos para el tratamiento de estas aguas ha demostrado tener consecuencias negativas a largo plazo en la salud humana y en el medio ambiente. (Chacón & Ramirez, 2020).

Por esta razón, se hizo necesario explorar alternativas que incluyan el uso de coagulantes naturales de origen animal como el quitosano y de origen vegetal como es el caso del almidón de yuca, con el fin de evaluar la eficacia de los mismos en las aguas residuales provenientes de la planta procesadora de lácteos, por lo que el proyecto tuvo como objetivo analizar las características físico-químicas de las aguas residuales de una planta de lácteos en Valledupar, además de establecerse dosis óptimas en las que estos coagulantes naturales accionan en el tratamiento de estas aguas y por último se realizó la determinación de porcentajes en la remoción de sólidos para verificar la eficacia de los coagulantes naturales estudiados sobre las aguas residuales que son obtenidas de los procesos de procesamiento de lácteos.

Apartir de esta necesidad de búsquedas de alternativas, se establecieron algunas metodologías adoptadas por investigaciones anteriores, además de esto se tuvo en cuenta los equipos e insumos que se tenían presente en el laboratorio del departamento de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad Popular del Cesar; con este estudio se pudo evaluar la eficacia del quitosano y almidón de yuca como coagulantes naturales en el tratamiento de las aguas residuales de la industria láctea, obteniendo altos porcentajes de remoción en el uso del quitosano y así se elaboraron unas series de alternativas sostenibles y amigables con el medio ambiente que pueden ser de utilidad para la empresa.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El incremento económico y la industrialización son algunos de los aspectos que generan impacto ambiental sobre las aguas superficiales, la contaminación producidas por las grandes empresas en cuanto a los vertimientos de aguas residuales que se generan en su producción, las cuales contienen elevadas cargas orgánicas e inorgánicas que son un riesgo inminente para la salud humana. (Yin, 2010). Sin embargo, existen tecnologías y procesos empleados por el sector industrial que permiten disminuir las concentraciones de estos contaminantes presentes en las aguas residuales, como es el proceso de sedimentación, coagulación y floculación en los que son utilizadas sustancias químicas como coagulantes con la finalidad de remover gran parte de los sólidos presentes en dichas aguas. (Meza, Riaño, Martínez, Olivero & Jurado, 2018).

En la industria láctea la utilización del líquido (agua) para la elaboración del producto (leche) está en un valor de 5 a 10 litros de agua para la producción de un litro de leche, además de la alta demanda del recurso hídrico, debemos tener en cuenta los contaminantes producidos en sus residuos de la producción del queso, mantequilla, cremas y otros productos derivados de dicha materia prima las cuales generan aguas residuales con altos contenidos de grasas y aceites, también hablamos de la presencia de detergentes producida por la actividad del lavado de torres, las cuales a su vez utilizan ácidos en algunos procesos por lo que son un cúmulo de sustancias químicas orgánicas e inorgánicas que presentan una alta demanda biológica de oxígeno (DBO), sólidos suspendidos totales (SST), entre otros parámetros que incumplen la normatividad legal vigente, por lo que se establecen tecnologías para remover dichos contaminantes. (Chacón & Ramírez, 2020).

La utilización excesiva de coagulantes inorgánicos de aluminio o hierro como el sulfato de aluminio, aluminato de sodio, sulfato ferroso, sulfato férrico y cloruro férrico, cambian considerablemente las características físico-químicas de las aguas y generan lodos con sustancias que presentan dificultades para ser biodegradadas, por lo que no se le puede brindar un tratamiento a los mismos (Salgado,



2018). En el sector de la salud, el incremento en el riesgo de propagación de enfermedades por la utilización de coagulantes inorgánicos que tienen base de aluminio en el proceso de coagulación/floculación como síndrome de Alzheimer y otros padecimientos neurológicos presentados a largo plazo son algunas de las consecuencias a raíz de la utilización de este tipo de coagulantes a lo largo de los años en los procesos de tratamiento de agua potable y residual. (Guzmán, Villabona, Tejada, & García, 2013). Por lo cual se requiere acelerar y ampliar las investigaciones que generen alternativas que incluyan la utilización de coagulantes naturales de origen vegetal (Ramírez et al. 2016).

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En base a esta problemática se genera la siguiente pregunta de investigación; ¿Será Eficaz la utilización del Quitosano y Almidón de yuca como coagulantes en los procesos de tratamiento de una planta de lácteos en Valledupar?.

1.2. HIPOTESIS

El Quitosano y Almidón de yuca funcionan como coagulantes naturales para remover parámetros físico-químicos del agua que afectan la calidad de la misma, por lo que ayudan en el proceso de tratamiento de las aguas residuales a fin de cumplir con los parámetros límites máximos permisibles estipulados en la norma.

2. JUSTIFICACIÓN

En Colombia se han implementado normativas con parámetros límites máximos permisibles con la finalidad de dar control y seguimiento a los tratamientos de agua residuales en el país; obligando a las empresas a implementar STAR (Sistemas de Tratamiento de Agua Residual) antes de ser vertidas al alcantarillado público o cuerpos de agua. Por tanto se hace necesario reemplazar estos componentes químicos por coagulantes naturales los cuales provienen de las plantas y semillas incluyendo varios aspectos positivos como su rentabilidad y alta biodegradabilidad (Parra, 2011).

A diferencia de los coagulantes inorgánicos, la utilización de coagulantes de origen natural trae muchos beneficios puesto que no son corrosivos ni peligrosos para las personas, no afecta al medio ambiente, es sostenible en su ciclo de vida, generan menos cantidades de lodo en el tratamiento, no modifica el pH del agua tratada, elimina los riesgos innecesarios en las zonas de trabajo, además que puede obtenerse fácilmente ya que se puede cultivar localmente la materia prima para la obtención del mismo (López & Maldonado, 2017).

La utilización de estos coagulantes otorgan un gran número de ventajas frente a los tradicionales (coagulantes inorgánicos y sintéticos) como lo es; al ser de origen natural mejora la manipulación del mismo, siendo segura para el usuario, mejora la eficiencia de los tratamientos biológicos posteriores y aumenta la biodegradabilidad de los lodos producidos, permitiendo su utilización en la agricultura mediante técnicas de compostaje al no aportar metales. Cabe resaltar la disminución en el volumen de fango producido, y gracias a su potencial biodegradable genera lodos menos tóxicos. También produce impactos positivos en las redes de distribución como lo es una menor corrosión de las instalaciones, menores costos de gestión y de mantenimiento (servyeco, 2020).

Teniendo en cuenta lo antes mencionado surge la necesidad de evaluar alternativas que conserven el medio ambiente y ayude al desarrollo sostenibles, generando cambio en la utilización de químicos para el tratamiento de aguas residuales o de cierta forma disminuir su consumo.



3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la eficacia del quitosano y almidón de yuca como coagulantes naturales en el tratamiento de las aguas residuales de una planta lácteos en Valledupar.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar las características fisicoquímicas (pH, Turbidez, SST, DQO, Aceites y Grasas) de las aguas residuales de lácteos en la planta sede valledupar.
2. Establecer las dosis de coagulantes naturales (quitosano y almidón de yuca) requeridas en el tratamiento de las aguas residuales de lácteos en la planta sede valledupar.
3. Determinar los porcentajes en remoción de sólidos de los coagulantes naturales (quitosano y almidón de yuca) en las aguas residuales de lácteos en la planta sede valledupar.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Se han encontrado varios precedentes para poder llevar a cabo la eliminación de la turbiedad en aguas residuales, de hecho, según:

4.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

“**Aguirre., (2020)**”, en su investigación “Eficiencia de coagulantes naturales al reducir la turbidez del agua de río. Una revisión sistemática entre el 2009-2019” Para obtener el título de Bachiller en ingeniería ambiental, en la universidad Privada del Norte en Perú; en la que realizó una revisión bibliográfica de la literatura científica con el fin de determinar la eficiencia en el uso de los coagulantes naturales entre los cuales detalló que el quitosano es un polisacárido de alto peso molecular, carga catiónica y abundante en la naturaleza, que al adicionarse al agua reacciona con las partículas cargadas negativamente permitiendo su eliminación, para la preparación de la solución coagulante en la mayoría de los proyectos se disolvió el quitosano usando un tanque de 1000 l, la evaluación del proceso de coagulación - floculación se llevó a cabo utilizando un equipo de prueba de jarra modelo pb-700, de 6 paletas y base iluminada, como resultado demostró que la ventaja de usar coagulantes en el tratamiento de aguas, es que las partículas en suspensión precipitan a mayor velocidad de sedimentación y por lo tanto el tamaño de las unidades de tratamiento de aguas residuales requeridas para la remoción de sólidos en suspensión serían más pequeñas.

“**Diaz, et al., (2019)**”, en su tesis de grado llamada “uso del quitosano como coagulante natural para el tratamiento de efluentes generados por la industria textil caso: compañía universal textil S.A.”; en la ciudad de Callao, Perú. Para obtener el título de ingeniero ambiental y de recursos renovables, en la universidad nacional del callao en Perú, con el objetivo de evaluar la eficiencia del quitosano comercial frente al Dynafloc AM en la remoción de los sólidos suspendidos y

coloidales en las aguas residuales de la compañía universal textil CURSA, realizando un análisis del porcentaje de remoción de turbidez, DBO, DQO y SST. Dicha evaluación se llevó a cabo mediante un test de jarras con análisis de turbiedad, los resultados arrojan una mejora en la eficiencia de eliminación de sólidos suspendidos, donde la dosis que presentó una mayor remoción fue de 135mg/L o ppm en mezcla lenta con velocidad de 40RPM y a mezcla rápida con velocidad de 200 RPM además de una eficiencia con un pH de 9, y unas remociones de turbidez del 96,21%, SST del 94,78%, DBO₅ del 82,11% y DQO del 82,42% en comparación con el Dynafloc AM en el que se obtuvo como valores finales de turbidez de 85.66 %, SST de 9.48 %, DBO₅ de 76.84% y DQO de 76.29 % de remoción con respecto a los valores iniciales del efluente textil para una dosis óptima de 1ml /L. Estos resultados arrojan una eficiencia de recomición de parametros fisicoquimicos utilizando el quitosano como coagulante.

“Paca., (2017)”, en su proyecto titulado “Evaluación de residuos vegetales de papa, yuca, camote y plátano, como coagulantes naturales para el tratamiento de aguas residuales procedentes de la industria láctea.” Para obtener el título de ingeniera Química, en la Escuela Superior de Chimborazo en la ciudad de Chimborazo en Ecuador, determina que su proyecto se dividió en dos etapas. En la primera se determinó la dosis óptima para ser utilizada y el residuo vegetal deshidratado (RVD) de mayor potencial, para esto se utilizó diluciones de al 2 y 10% en agua, se dosificó desde 1mL hasta 10mL por litro de agua residual láctea y mediante la prueba de jarras se determinó que todos los RVD presentaron potencial coagulante y su dosis óptima osciló entre 7 y 10 mL/L al 10% de dilución. En la segunda etapa se investigó potenciar el poder coagulante del RVDP variando el pH (4-5; 9-10) y con la adición de un coadyuvante de floculación (polímero aniónico al 0,5% y una dosis de 0,5 mL/L), se midieron los parámetros ya señalados y además DBO₅, DQO, aceites y grasas. Los resultados de esta etapa mostraron mejor acción del RVDP en un medio ácido, con una remoción de 98% de la turbiedad, 82% del color, 99 % de los SST, 84% de ST, 76% DBO₅, 54% DQO y 95% de aceites y grasas. Se recomienda realizar estudios con los

RVD, en otro tipo de aguas residuales, de ese modo remplazar o disminuir el uso excesivo de coagulantes químicos.

4.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.

“**Munibe & Trujillo., (2022)**”, en su proyecto de grado titulado “Remoción De Metales Pesados Presentes En Aguas Residuales Provenientes De Pozos De Perforación De Petróleo Y Gas A Través De Coagulantes Naturales A Base De Almidón De Yuca Y Opuntia Ficus Indica En El Municipio De Sahagún, Córdoba” para la obtención del título de ingeniero ambiental y sanitario de la universidad popular del cesar en valledupar, con el objetivo de Remover Metales Pesados Utilizando Base de Almidón de Yuca y Opuntia Ficus Indica como coagulante natural, determinando la remoción de los parámetros fisicoquímicos de Turbidez, DQO, DBO, pH y metales pesados (Mg, Fe y Pb.) en las muestras de agua residual proveniente de la Pozos De Perforación De Petróleo Y Gas, obteniendo que en comparación de los dos coagulantes, el que presentó mayor eficiencia fue el opuntia ficus indica teniendo un porcentaje de remoción de turbiedad de 99,5%, DQO presentó un 92,79% de remoción, la DBO5 con un 93,47% de remoción y el Hierro 87,83%. Además que el rango de pH en el que mejor actua el Almidón de yuca es de pH 7,12.

“**Cabrera, et al., (2018)**”, en su investigación “Ensayo de coagulantes naturales extraídos de Ipomoea incarnata y Moringa oleífera en la depuración de aguas residuales industriales en Cartagena de Indias” para la obtención del título de ingeniero ambiental de la Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco en Cartagena; sustentan que las semillas de la planta Moringa oleífera e Ipomoea dasysperma presentan propiedades coagulantes que no induce a cambios notables de los valores de pH y conductividad del agua después de su tratamiento. Para su metodología tomaron tres sustratos: María La Baja, El Rodeo, Mamonal, en el cual se llevaron acaba análisis de cada una de las muestras preparación, extracción del coagulante y el test de



jarra, como resultado confirman que la Ipomoea incarnata y Moringa oleifera se pueden utilizar alternativa de origen natural en la depuración de aguas residuales industriales, ya que garantizan la eficiencia de remoción de turbidez en el proceso de coagulación, además tienen un valor agregado relacionado con las características de biodegradabilidad que lo convierten en una alternativa viable desde el punto de vista ambiental.

“**Novoa & Pallares., (2020)**”, en su proyecto de grado titulado “Evaluación De La Eficiencia Del Quitosano Como Coagulante Natural, En El Tratamiento De Aguas Residuales De La Empresa Lacteos Del Cesar S.A (Klaren’S), En La Ciudad De Valledupar” para la obtención del título de ingeniero ambiental y sanitario de la universidad popular del cesar en valledupar, con el objetivo de Evaluar la Eficiencia Del Quitosano Como Coagulante Natural determinando la remoción de los parámetros fisicoquímicos tales como turbidez, SST, SSV, DQO, Aceites y grasas en las muestras de agua residual proveniente de la industria láctea (Klaren’s), obteniendo que el rango de pH en el que mejor actúa el Quitosano es de pH 5, además se obtuvieron concentraciones de dosis óptimas de 60 y 100 mg/L, con esto se logró eliminar parámetros fisicoquímicos como materia orgánica y sólidos suspendidos en porcentajes de remoción que variaron de 95 a 97% y del 92 al 95% respectivamente.

4.2. MARCO TEORICO

4.2.1. AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales son aquellas que después de ser utilizadas para cualquier actividad económica representan riesgo porque contienen gran cantidad de sustancias. Hablamos de esa cantidad de agua que no tiene un valor inmediato para el uso que tuvo inicialmente o aquel resultado de la actividad que tuvo un uso de este recurso o de aquella agua que tuvo afectación por razones naturales o antrópicas. (Cárdenas, 2000).

Según la Resolución 0631 de 2015 por el cual se establecen los valores maximos permisibles para el tratamiento de las aguas residuales, estas mismas se clasifican en:

4.2.2. AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS (ARD)

Son las que se producen por la utilización del recurso hídrico en el hogar, en las distintas actividades como lavado en general, utilización de los baños, actividades sanitarias del hogar, estas a su vez desprenden otros tipos de agua dentro de las cuales se encuentran: aguas negras y aguas grises (Fibras y Normas de Colombia, 2019).

4.2.3. AGUAS RESIDUALES NO DOMESTICAS (ARnD)

Son las que se producen en actividades relacionadas con el comercio, en instituciones o servicios en general, son aguas de carácter industrial diferentes a las aguas residuales domésticas (Fibras y Normas de Colombia, 2019).

4.2.4. AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

Estas aguas se caracterizan por proceder de cualquier actividad industrial que utilice agua en su producción, transformación o tratamiento para su transporte, lavado, refrigeración directa, etc. Los

contaminantes más importantes en el agua incluyen microorganismos patógenos, metales pesados y compuestos orgánicos persistentes, así como sedimentos en suspensión y pesticidas, la mayoría de los cuales provienen de fuentes no autóctonas (Fibras y Normas de Colombia, 2019).

Según Muñoz en 2008, las aguas residuales de origen industrial se clasifican en 5 grupos los cuales son:

- Industrias con efluentes principalmente orgánicos: Empresas que tengan actividades relacionadas a papeleras, azucareras, mataderos, curtidos, conservas (vegetales, carnes, pescados), Lecherías y subproductos (Leche en polvo, mantequilla, queso, etc).
- Industrias con efluentes orgánicos e inorgánicos: Empresas que tengan actividades relacionadas a, refinerías y petroquímicos, textiles y fabricación de productos químicos.
- Industrias con efluentes principalmente inorgánicos: Empresas que tengan actividades relacionadas a, limpieza y recubrimientos de metales, explotación minera y salina.
- Industrias con efluentes con materias en suspensión: Empresas que tengan actividades relacionadas a, lavaderos de mineral y carbón, corte y pulido de mármol y otros minerales, laminación en caliente y colada continua.
- Industrias con efluentes de refrigeración: Empresas que tengan actividades relacionadas a, centrales térmicas, centrales nucleares

4.2.5. COAGULANTES NATURALES

Son polímeros de origen natural, producidos de forma natural tal como los tejidos de animales, extractos de semillas e incluso en las plantas, por ser naturales su afectación es mínima y son biodegradables respecto a los que produce, por estos beneficios se ha convertido en una opción considerable en el tratamiento de aguas residuales. En estudios relacionados sobre los coagulantes naturales Chung Yin y Mahmut Özacar (Özacar & Şengil, 2002a; Yin, 2010) establecen información sobre el uso y aplicación del mismo en el estudio de los taninos como coadyuvantes al proceso de tratamiento utilizando el sulfato de aluminio por lo que se pudo concluir que la mezcla de estos dos coagulantes pueden acelerar la formación de flocs y tienen buena velocidad de sedimentación, por lo que es viable la utilización del mismo como alternativa a la utilización de coagulantes de origen químico.

4.2.6. ALMIDÓN DE YUCA

La yuca es una especie de raíces amiláceas que se cultiva en tierras con trópicos y subtrópicos, con un nombre científico (*Manihot esculenta*). Actualmente hay más de 5000 variedades de yuca, cada una con características especiales. Su rendimiento bajo condiciones reales es de 9,8 ton/Ha en el mundo. Puede ser utilizado como coagulante natural según este estudio donde además establece un procedimiento para la obtención del mismo donde establece que el proceso de extracción del almidón parte del lavado de las raíces de la yuca, rallado de las mismas y posterior colado del rallado. El producto sedimentado se deja fermentar en tanques mientras está en estado húmedo, luego es secado al sol. Este procedimiento se hace a escala industrial. (Ospina y Ceballos, 2002).

4.2.7. QUITOSANO

El quitosano es un polímero natural que se encuentra en muchas áreas de la naturaleza. En general, dado que la quitina y el quitosano se extraen de las conchas de crustáceos, insectos y hongos, estamos revalorizando los residuos de la industria agroalimentaria para altos niveles de uso en productos farmacéuticos, cosméticos y alimentarios. Ingredientes funcionales de valor añadido. Por otra parte, Cartaya y col., (2009) establecen que el quitosano es un polímero con una alta eficiencia y

distribución en la naturaleza, puesto que se encuentra presente en los exoesqueletos de artrópodos, zooplancton marino, formando parte de la pared celular de familias de hongos y levaduras, así como en cutículas de algunas especies de insectos.

4.2.8. EFICIENCIA DE LOS COAGULANTES NATURALES

Se pudo obtener de la Investigación Agraria y Ambiental hecha por parte de Sebastián Barreto Pardo, Diana Karina Vargas Moncada, Lida Ruiz Martínez Y Sandra Liliana Gómez Ayala 2019 en el Socorro Santander, en esta investigación se realizó la comparación entre el coagulante comercial más utilizado (sulfato de aluminio) y los **coagulantes naturales** extraídos de la semilla del aguacate y el mucílago del café; en su metodología se realizó un muestreo puntual en el vertimiento en la quebrada La Guayacana del municipio de El Socorro, para la extracción de los coagulantes se utilizó la semilla de aguacate, el mucílago de café fue obtenido de la planta de beneficio que se encuentra en la Universidad Libre, el mucilago constituye un lavado en la producción del café nos brinda como resultado que la utilización de los coagulantes naturales extraídos de la semilla del aguacate y el mucílago del café determinó la eficiencia de cada uno de los coagulantes mencionados, en términos de **reducción de color y turbiedad**, indicando que el mucílago del café puede servir como un coagulante preliminar o auxiliar en el proceso de tratamiento primario de aguas que presentan valores considerables en la turbiedad.

4.3. MARCO CONCEPTUAL

COAGULACIÓN

Se determina como el proceso para la implementación y mezcla de químicos para que las partículas o algunos contaminantes disueltos en el agua, se agrupen en fragmentos más grandes los cuales se pueden retirar por medio de la remoción de sólidos. Este genera la desestabilización química de las partículas coloidales que se produce al controlar las fuerzas que los mantiene separados, por medio de la adición de los coagulantes químicos y la aplicación de la energía de mezclado. (Cárdenas, 2000).

COLOR

Es el factor que nos indica la tonalidad y calidad de las aguas residuales, este parámetro es de suma importancia pues se debe de asegurar que su apariencia sea agradable y que cumpla con las especificaciones establecidas. La tonalidad del color en el agua no se genera solamente de la descomposición de productos naturales sino también de hidróxidos metálicos, además de compuestos orgánicos presentes en los desechos domésticos e industriales. (Martel, 2004)

DQO

Es la demanda química de Oxígeno es un parámetro que permite medir la cantidad de sustancias susceptibles a ser oxidadas. En una explicación un poco más técnica, se asocia esta demanda con los niveles de contaminación presente en las aguas residuales medidos en miligramos por litro de oxígeno (mg/l O₂). (Martel, 2004)

FLOCULACIÓN

Es el proceso encargado de agrupar o aglutinar las partículas suspendidas en el agua, mediante un proceso químico en la que emplea la mezcla del fluido, este se realiza luego de la coagulación. La función del floculante es neutralizar las cargas electrostáticas de los contaminantes en



disolución del agua, de modo que se minimicen las fuerzas de repulsión entre ellos para que las partículas se unan entre sí, formando flóculos cada vez más grandes que se pueden filtrar y eliminar con facilidad. (Pochteca, 2021).

GRASAS Y ACEITES

Es un parametro que determina aquellos compuestos que contiene una profiedad fisica igual o similar al aceite y la grasa como lo pueden ser colorantes organicos, clorofila o compuestos de axufre. La medicion del mismo es para determinar estrategias que permitan disminuir los niveles de grasas y aceites contenidas en las aguas residuales a fin de dar cumplimiento a la normatividad legal vigente. (Cárdenas, 2000).

pH

El pH es una medida tomada como parámetro que nos permite establecer o determinar el nivel de acidez o alcalinidad de una solución en general, sea muestra de agua potable, residual, etc. Es el potencial de hidrógeno por tal motivo se denomina PH (COMUNIDAD ANDINA, 2008).

POLÍMERO

Son grandes moléculas que están formados por la unión de varias moléculas pequeñas denominadas monómeros. (Pochteca, 2021).

SST

Los Sólidos Suspendidos Totales (SST), se demoninan según la teoria como aquella cantidad de residuosque son retenidos por un filtro de fibra de vidrio posterior a una filtración del agua con un tamaño igual o menor a 0.45 micras y hace referencia al material particulado o de coloides que se mantienen en suspensión en las corrientes de agua superficial y/o residual (COMUNIDAD ANDINA, 2008).



TEST DE JARRAS

Este método nos ayuda a determinar qué cantidad genera más rápida desestabilización de las partículas, para que estos sean suficientemente pesados a fin de que su gravedad caiga por sedimentación. Es un ensayo indispensable en los procesos fisicoquímicos para la clarificación de agua, es una herramienta confiable en la selección productos químicos, cantidades y dosificaciones requeridas en este tipo de aplicaciones. (Cárdenas, 2000)

TURBIEDAD

Es el grado de traspaso de luz, en donde el agua pierde su transparencia por la presencia de materiales insolubles muy finos en suspensión; cabe mencionar que es utilizada para determinar la calidad del agua. El control de la turbiedad del agua está relacionado con la eficacia a los procesos de saneamiento; A mayor turbiedad, hay mayor número de partículas en suspensión en el agua, lo cual genera aumento en el refugio de bacterias. (INSTRUMENTS, 2018)

4.4. MARCO CONTEXTUAL

4.4.1. Caracterización y Descripción Geográfica

Valledupar es la capital del Departamento del Cesar, lugar que se divide actualmente en 204 barrios, 15 asentamientos, 25 corregimientos y 102 veredas, con una extensión de 4.192Km² (el 18% de la extensión del departamento) de los cuales el 40% corresponden a área de protección forestal según la Ley 2a de 1959, su perímetro urbano abarca 50.5 Km² y está dividido en seis comunas.

Sus límites geográficos según lo establece el Plan de Desarrollo Municipal 2020-2023 son:

Al norte; con el departamento de La Guajira, Santa Marta y los pueblos de Dibulla y San Juan del Cesar

Al sur; con los departamentos de Magdalena y Bolívar y el pueblo del Paso Cesar

Al oriente; con el país de Venezuela

Al occidente; con el departamento del Magdalena.

Además de esto sus coordenadas geográficas son: 10.46314° N de latitud y -73.25322° O de longitud.

4.4.2. Aspectos de Contextualización Locativa

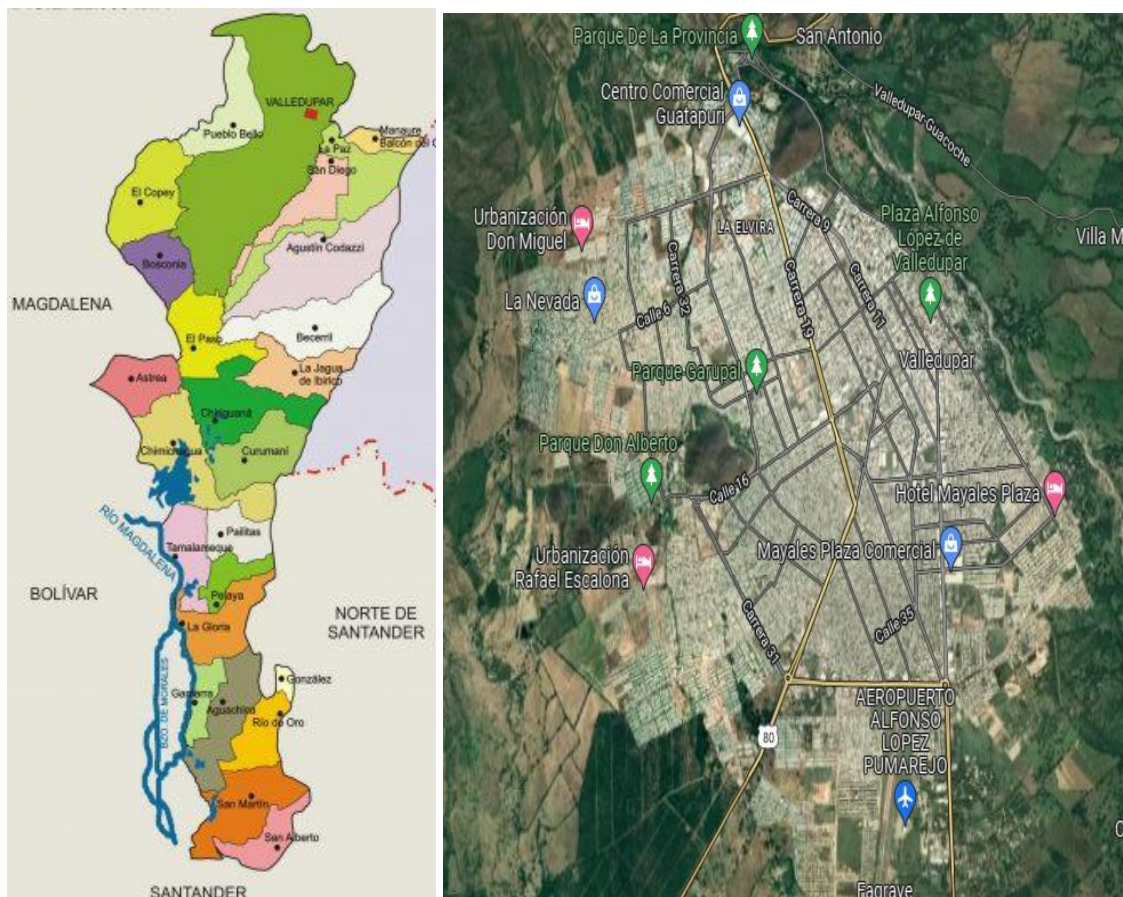
El área donde se realiza la investigación es en una planta de lácteos Internacional que tiene una sede en la ciudad de Valledupar del departamento del Cesar, por tema de protección de datos no se puede compartir la ubicación exacta del mismo, pero si es posible detallar que dicha planta está ubicada en zona comercial de la ciudad y que en sus límites geográficos no se encuentra ninguna área protegida o restringidas de uso, conforme a los Planes de Ordenamiento Territorial – POT), además de esto se tiene conocimiento de la presencia de un

pozo profundo en las instalaciones que es utilizado para las actividades de la planta, por lo que se entiende que hay presencia de algún acuífero cerca.

4.4.3. Representación Espacial y Geográfica

Figura 1.

Departamento del Cesar y Municipio de Valledupar



Nota: Fuente, Google Maps 2022.

4.5. MARCO LEGAL

La normatividad legal vigente encargada de impartir control y seguimiento a la generación y tratamiento de agua residual producidas en la planta de Lácteos son:

“Tabla 1.

Marco Legal”

NORMATIVIDAD	DESCRIPCIÓN
<p>CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA</p>	<p>Artículo 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.</p> <p>Artículo 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.</p>



Artículo 95. La calidad de colombiano enaltece a todos los miembros de la comunidad nacional. Todos están en el deber de engrandecerla y dignificarla. El ejercicio de los derechos y libertades reconocidos en esta Constitución implica responsabilidades.

Toda persona está obligada a cumplir la Constitución y las leyes. Son deberes de la persona y del ciudadano:

8. Proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano;

9. Contribuir al financiamiento de los gastos e inversiones del Estado dentro de conceptos de justicia y equidad.

- **ley 99 de 1993** por medio de la cual se crea el ministerio de ambiente, se organiza el Sistema Nacional Ambiental y define el ordenamiento territorial en los temas ambientales.

El objetivo de esta ley garantizar medidas de control y vigilancia, además de establecer a las corporaciones autónomas regionales como máximas autoridades ambientales y administradoras de los recursos naturales.

- **ley 1333 de 2009** por medio de la cual se establece el procedimiento

LEY



sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones.

DECRETO

- **Decreto 3930 de 2010.** Por el cual se establecen las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el Ordenamiento del Recurso Hídrico y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillados.
- **Decreto 4728 de 2010.** Por el cual se modifica parcialmente el decreto 3930 de 2010.

RESOLUCIÓN

- **Resolución 0631 de 2015.** Por medio del cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.
- **Resolución 2086 de 2010.** “Por la cual se adopta la metodología para la tasación de multas consagradas en el numeral 1 del artículo 40 de la Ley 1333 del 21 de julio de 2009 y se toman otras determinaciones” El Artículo 7.

Fuente: Reales,2022. Pag. 14-15.

5. MARCO METODOLOGICO

5.1. LÍNEA Y SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Este proyecto se enmarca en la línea de investigación de Sostenibilidad y Gestión Ambiental la cual se encuentra adscrita a la facultad de ingeniería y tecnología, más específicamente al programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, además de encontrarse en la sublínea de investigación de la Gestión Integral de Recursos Hídricos.

5.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación que se realizó es de tipo Correlacional puesto que su objetivo principal fué encontrar las relaciones que existe entre los coagulantes naturales utilizados y el agua residual proveniente de la actividad de lacteos teniendo en cuenta parámetros de control o variables como el PH Y Turbiedad.

5.3. POBLACIÓN DE ESTUDIO.

La población objeto de estudio fueron las agua residuales provenientes de la actividad de procesamiento de derivados lacteos en la Planta procesadora de lacteos sede valledupar, ubicada en la ciudad de Valledupar. (Salas H. , 2020)

5.4. MUESTRA POBLACIONAL

Se realizó una muestra compuesta al afluente y efluente de los pozos de inspección por donde circulan las aguas residuales de la planta de lacteos, con una periodicidad de $\frac{1}{2}$ (media hora) para cada muestra por 12 horas de muestreo, lo que arroja un maximo de 24 muestras tomadas al final de la actividad con el fin de tomar una muestra representativa de las características fisicoquimicas de dichas aguas.



5.5. DESARROLLO METODOLÓGICO

El desarrollo metodológico del proyecto se realizó de manera sistemática teniendo en cuenta los objetivos planteados en el proyecto de investigación, de lo anterior se establecieron las etapas correspondientes a cada fase del proyecto:

ETAPA 1: Analizar las características físicoquímicas (pH, Turbidez, SST, DQO, Aceites y Grasas) de las aguas residuales de lácteos en la planta sede Valledupar.

Actividad 1.1 TOMA DE MUESTRA

Descripción: La toma de muestra se realizó según lo establecido por el IDEAM 2020 en la guía técnica para el muestreo de aguas por lo que se establece una muestra compuesta en intervalos de tiempo de media hora para cada muestra, por lo cual se tomarán un total de 12 muestras a lo largo del día. Dicho muestreo se realizó en la planta, más exactamente en el afluente y efluente de las aguas residuales provenientes de la actividad del procesamiento de lácteos para producción de derivados del mismo, el volumen de agua fue de 20 L por tanque por lo que al final se obtuvo 60L por cada punto de muestreo, tanto afluente como efluente.

Actividad 1.2 ANALISIS FISICOQUIMICO DE MUESTRAS

Descripción: Dichas muestras fueron llevadas al laboratorio del programa de ingeniería ambiental y sanitaria de la Universidad Popular del Cesar para ser procesadas con las metodologías estandarizadas y equipos necesarios para tener un dato de algunos parámetros físicoquímicos y obtener resultados de las características iniciales de las aguas residuales de la planta. Posteriormente esto fueron llevadas a un laboratorio con la finalidad de tener datos exactos de dichas características.

“Tabla 2.

Análisis Físicoquímico”

PARAMETROS	EQUIPO/METODO	PROCEDIMIENTO
Turbiedad (NTU)	Turbidímetro	<ul style="list-style-type: none"> • Se toma la muestra y se vierte dentro de una celda. • Se inserta en el turbidímetro y se le da inicio. • Se espera aproximadamente 5 segundos y al cabo de ese tiempo, arroja el resultado de la turbiedad en UNT.
PH	Multiparámetro	<ul style="list-style-type: none"> • Se lava el sensor del equipo con agua destilada • Se toma un beaker de 50 ml u otro recipiente para procesar la muestra; • Se oprime la tecla de inicio • Se espera a que el equipo registre la lectura del PH
Temperatura	Multiparámetro	<ul style="list-style-type: none"> • El mismo equipo utilizado para el PH nos puede arrojar el dato de temperatura. • También se puede usar un termómetro, solo se inserta el termómetro y nos arroja los datos de temperatura en °C.



<p>SST</p> <p>(Sólidos Suspendidos Totales)</p>	<p>Analítico</p>	<ul style="list-style-type: none">• Realizando el montaje de filtración, se enjuaga el papel filtro de fibra de vidrio con 25 ml de agua destilada retira del soporte del papel con mucho cuidado para que no se rompa, se coloca sobre la capsula de aluminio, utilizando pinzas para realizar esta actividad, por último, se introduce en la mufla la capsula con el papel filtro a $550 \pm 50^\circ \text{C}$ durante 5 minutos.• Se retira la capsula con el papel de la mufla y hay que dejarla enfriar ligeramente al aire. Se introduce en el desecador y se espera hasta cuando adquiera la temperatura del ambiente del cuarto de la balanza.• Se lleva la capsula con el papel a la balanza analítica y registre su peso seco hasta la décima de miligramo. (P1)• Con el uso de las pinzas se retira el papel de filtro de la capsula y colóquelo nuevamente en el montaje de filtración.• Medir un volumen de la muestra (V_m) bien agitada teniendo en cuenta que el volumen de muestra utilizado es inversamente proporcional a la concentración de sólidos que se identifiquen en ella. (Volumen recomendado para una muestra de agua
--	------------------	--



		<p>cruda de 10 a 30 mL, para lodos de 10 a 15 mL)</p> <ul style="list-style-type: none">• Agregar el volumen de muestra medido en la tolva de filtración teniendo el cuidado de que no caiga directamente en el papel para que no lo rompa, dejar filtrar el tiempo que sea necesario hasta que no se identifique humedad sobre el papel.• Al terminar la filtración de la muestra, se retira el papel del montaje de filtración con mucho cuidado haciendo uso de las pinzas, hay que llevarlo a la capsula correspondiente y posteriormente al horno eléctrico (que esté funcionando a 103° - 105° C), se deja secar a peso constante durante 1 hora. A mayor cantidad de sólidos en el papel debe darse mayor tiempo de secamiento.• Es necesario pasar la capsula con el papel al desecador y dejarla enfriar hasta que adquiera la temperatura ambiente del cuarto de la balanza.• Se transfiere la capsula con el papel a la balanza analítica y se registra su peso como papel filtro + sólidos suspendidos secos hasta la décima de miligramo. (P2)• Por último, se expresa el contenido de Sólidos Suspendidos Totales en la muestra en mg/L o
--	--	---



		<p>ppm, aplicando la formula correspondiente a Sólidos Suspendedos Totales.</p> <p><i>Solidos Suspendedos Totales mg/L</i></p> $= \frac{(P2 - P1)}{Vm} * 10^6$ <p>Siendo:</p> <p>P1= Peso en gramos del papel filtro de fibra de vidrio seco a (550 +/- 50 °C).</p> <p>P2= Peso en gramos del papel filtro + muestra, secos a (103 - 105 °C).</p> <p>P3= Peso en gramos del papel filtro + muestra, calcinado a (550 ± 50 °C).</p> <p>Vm = Volumen de muestra en mL.</p> <p>106 = Factor de conversión de gr/mL a mg/L.</p>
<p>DQO</p>	<p>Titulación</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se utiliza un equipo de digestión, se introducen los reactivos (Dicromato de potasio al 0.25 N, ácido sulfúrico y sulfato de mercurio, junto con la muestra de 5 ml. • Verter el contenido de cada vial en un Erlenmeyer de boca ancha. Lavar el vial con agua destilada 3-4 veces y verterlo en el erlenmeyer. • Añadir 6 gotas del indicador de ferroína y dejar enfriar el contenido del erlenmeyer es valorado con la disolución estándar de sulfato ferroso amónico hasta que el color verde-azul cambia a naranja.



		<ul style="list-style-type: none">• Anotar el volumen gastado (en mL) de disolución de sulfato ferroso amónico gastado, que será empleado para la determinación de la DQO. (ulpgc, s.f.)
GRASAS Y ACEITES	Gravimétrico	<ul style="list-style-type: none">• Se realiza el montaje de separación con los aros y el balón en el soporte universal.• Se realiza el peso de los recipientes antes de ser agregada el agua residual (secar al horno a 105 °C por una hora).• Se agrega el agua residual y se adiciona 1 ml de ácido clorhídrico y 15 ml de hexano o xileno y se agita la muestra de 2 a 5 minutos.• Al separarse el agua de la grasa se utiliza un papel filtro al que se le agrega sal de sulfato de sodio y se filtra dicha grasa para posteriormente repetimos el proceso.• Se realizan 3 cilos y se coloca en una campana de evaporación para que el hexano o xileno se evapore.• Se determina la concentración de A y G en la muestra de ppm (mg/L). $ppm \text{ AyG} = \frac{(P2 - P1)}{Vm} * 10^6$



		Siendo: P1: Peso inicial del recipiente P2: Peso del recipiente tarado + muestra de AyG (gr). Vm: Volumen de la muestra (ml). 10 ⁶ : Factor de conversión de gr a mg, y ml a L.
--	--	--

Nota: Fuente de Autores 2022.

ETAPA 2: Determinar las dosis de coagulantes naturales (quitosano y almidon de yuca) requeridas en el tratamiento de las aguas residuales de lacteos en la Planta sede valledupar.

Actividad 2.1 OBTENCIÓN DEL COAGULANTE

Descripción: El Quitosano que se evaluó es de tipo comercial, pero el almidon de yuca hubo que extraerlo de la planta, por lo que se utilizó un metodo de extracción descrito acontinuación:

Quitosano comercial

- Se compró de manera comercial para su respectiva evaluación, entre los más conocidos se utilizó el Sigma Chemical Co.

Almidón de yuca

se realiza por el método húmedo que consiste en:

- Tomar la yuca , lavarla y pelarla
- Rallar la yuca con el fin de liberar el almidón de la raíz
- Colar con un lienzo para separar la masa del líquido de la yuca, este líquido es conocido como la lechada del almidón
- Se deja sedimentar para obtener el almidón extraído a partir de los gránulos en suspensión
- Al final se realiza un secado solar para eliminar la humedad del almidón de un 12 a 13%



Actividad 2.2 DOSIFICACIÓN DE COAGULANTE

Descripción: Se realizó la dosificación del coagulante natural la cual conlleva dos pasos importantes:

- **PREPARACIÓN SOLUCIÓN MADRE:** Para cada coagulante la preparación de la solución madre se hizo de manera distinta, las indicaciones son las siguientes:

Quitosano comercial: Se disuelve en ácido acético al 5%, preparando soluciones coagulantes al 1,0%. Con la concentración madre entre 1.000 mg/L Y 100.000 mg/L

Almidón de yuca: Se agrega una cantidad de coagulante de manera solida y se disuelve en x cantidad de agua destilada para la preparación de la solución madre. Esto nos arroja una solución llamada "solución madre" con una concentración mucho mayor a los rangos que se desean utilizar en el test de jarras, para así realizar una dilución de la misma para dosificar.

La ecuación utilizada fué:

Ecuación 1. Concentración de coagulante

$$[\text{Coagulante ppm}] = \frac{\text{masa (mg)}}{\text{Volumen (L)}} = \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

La ecuación utilizada anteriormente se utilizó para determinar las dosis de coagulante en partes por millón (ppm) la cual es la cantidad de masa (mg) de coagulante presente en cada litro (L) de solución o muestra.

- **TEST DE JARRA:** se realizaron ensayos en el test de jarras, en el cual se utilizaron 6 jarras de un litro con el agua residual proveniente de una planta de lácteos de las cuales 5 de ellas se montaron en un floculador con agitaciones variables, la última jarra se usó como control, a



cada jarra se le aplicaron dosis variables con los coagulantes obtenidos. Dichas concentraciones se adicionaron realizando una dilución de la solución madre.

La ecuación utilizada fué:

Ecuación 2. Dilución de coagulantes

$$C_M * V_M = C_j * V_j$$

Siendo:

C_M = Concentración Madre

V_M = Volumen Madre necesario para agregar a la jarra

C_j = Concentración Jarra a evaluar

V_j = Volumen Jarra o volumen de la muestra (1000 ml)

La ecuación anterior nos da como resultado la cantidad de volumen en mililitros que tomamos de la solución madre para agregar a cada jarra con el fin de hallar las dosis óptimas de cada coagulante.

Dichas dosis están en un rango de evaluación entre 10 mg/l a 1000 mg/L con evaluaciones de la siguiente forma:

Tabla 3.

Paso a Paso Dosis Óptima

- | |
|--|
| 1) Dosis Inicial: Se toman rangos de 10, 50,100,500 y 1000 mg/L de cada coagulante con el fin de ver dentro de que rangos hay funcionamiento del coagulante. |
| 2) Dosis por Rango: Luego de analizar en que rango hay algún comportamiento positivo del coagulante se amplían los análisis para determinar un rango con una diferencia de 10 mg/L es decir: si hay una eficiencia entre 10 y 50 mg/L |



nuevamente se evalúa con las dosis 10,20,30,40 y 50 mg/L es decir diferencia de rango menor a la anterior; otro ejemplo para rangos más grandes es si hay una eficiencia entre 100 y 500 mg/L nuevamente se evalúa con las dosis 100,200,300,400 y 500 mg/L

3) **Dosis Especifica:** Se toma dentro de las dosis halladas en el rango la que obtuvo un mejor comportamiento con el coagulante específico, luego se realiza otro test de jarra con diferencia entre 2 mg/l es decir: si la dosis con mejor eficiencia está entre 10 y 20 mg/L se evalúan las dosis de 12,14,16,18 Y 20 mg/L de coagulante para hallar la dosis óptima y posterior evaluar la eficiencia de remoción.

4) **Dosis Óptima:** Luego de hallar la dosis específica, esta es tomada como la dosis óptima a la cual se le realiza un análisis de las características fisicoquímicas anteriormente mencionadas.

Fuente Autores 2022.

ETAPA 3: Comparar los porcentajes de remoción de turbiedad de los coagulantes naturales (quitosano y almidon de yuca) en las aguas residuales de lacteos en la planta sede valledupar.

Actividad 3.1 PRUEBA DE EFICACIA

Descripción: Con el objetivo de determinar la eficacia de los coagulantes naturales en los respectivos ensayos; con base en la información encontrada en las dosis óptimas y los respectivos análisis fisicoquímicos, se determinó el porcentaje de remoción de turbiedad, se tabuló dicha información y se generaron comparativos por dosis óptimas y porcentajes de remoción la cual se obtuvo con la siguiente formula:



Ecuación 3. Porcentaje Remoción de Turbiedad

$$\% \text{ Remoción Turbiedad} = \left(100 - \frac{(T_i - T_f)}{T_i} \right) \%$$

Siendo:

T_i = Turbiedad Inicial: Es la resultante del tratamiento control a la cual no se le agrega ninguna clase de coagulante.

T_f = Turbiedad Final: El resultante luego de haber agregado el coagulante una concentración "x" y haber realizado el test de jarra, posterior a esto se hace un análisis de turbiedad, siendo esta la turbiedad final o resultante.

Con la ecuación anterior se determinaron los porcentajes de remoción de turbiedad, dichos valores para cada dosis de coagulante se tabularon y graficaron para establecer diferencias en ambos coagulantes naturales utilizados, posterior a esto se realizaron las respectivas conclusiones y recomendaciones del proyecto.

6. RESULTADOS Y ANALISIS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en las evaluaciones realizadas de cada uno de los parámetros de estudio y las dosis óptimas utilizadas para los coagulantes naturales Quitosano y almidón de yuca. Además de los análisis fisicoquímicos realizados en las aguas residuales provenientes de la planta procesadora de lacteos la cual tiene una sede en valledupar al haberse:

6.1. ANALIZADO LAS CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS (PH, TURBIDEZ, SST, DQO, ACEITES Y GRASAS) DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LACTEOS EN LA PLANTA SEDE VALLEDUPAR.

Se realizaron estudios y análisis de laboratorio con las características iniciales de las aguas residuales que se generan en planta lacteos sede valledupar con la finalidad de conocer las características fisicoquímicas de dichas aguas, determinando algunos parámetros los cuales serían la base inicial para proceder a realizar la investigación y posterior análisis de los datos encontrados con los equipos del laboratorio de ingeniería ambiental y sanitaria; dicho objetivo se da un cumplimiento gracias a las actividades descritas y detalladas a continuación;

6.1.1. Toma De Muestra

El muestreo se realizó según lo establecido por el IDEAM 2020 en la guía técnica para el muestreo de aguas por lo que se establece una muestra compuesta en intervalos de tiempo de media hora para cada muestra, por lo cual se tomaron un total de 12 muestras a lo largo del día, cabe destacar que la toma de muestra fue realizada por personal de la planta por temas de seguridad y acceso a los canales de afluente y efluente de las aguas residuales que se generan en planta lacteo.

Figura 2.

Toma de Muestra



Nota: Fuente, Autores 2023

6.1.2. Analisis Fisicoquimico De Muestras

Se llevaron las muestras al laboratorio del programa de Ingenieria Ambiental y sanitaria de la universidad popular del cesar, con el fin de realizarles el analisis de algunos parametros fisicoquimos tales como pH, Turbidez, SST, DQO, Aceites Y Grasas, los resultados obtenidos de dicho analisis del afluyente fueron;



“Tabla 4.

Resultados Caracterización Aguas Residuales Planta Lácteos”

PARÁMETROS	VALOR OBTENIDO	VALORES LÍMITE MAXIMO PERMISIBLE – RES. 0631 DE 2015
PH	6.13	5.00 - 9.00
TURBIDEZ (UNT)	1000	NR
SST (MG/L)	1400	150 mg/L
DQO (MG O ₂ /L)	4976	450 mg O ₂ /L
GRASAS Y ACEITES (MG/L)	410	20 mg/L

Nota: Fuente; Autores 2023.

Los resultados del análisis físico-químico que proporcionaste indican que el agua analizada tiene un pH de 6.13, lo que sugiere que se encuentra dentro del rango permitido por la Resolución 0631 de 2015, que establece un límite mínimo de pH de 5 y un límite máximo de pH de 9 para las descargas de aguas residuales en cuerpos de agua.

La turbidez de la muestra analizada es igual a 1000 UNT, lo que indica que el agua está muy turbia debido a la presencia de partículas suspendidas.

La cantidad de SST (sólidos suspendidos totales) en la muestra es de 1400 mg/L, lo que sugiere que hay una gran cantidad de materiales en suspensión en el agua. El límite máximo permitido por la Resolución 0631 de 2015 para la descarga de aguas residuales en cuerpos de agua es de 150 mg/L.

El valor de DQO (demanda química de oxígeno) de la muestra analizada es de 4976 mg O₂/L, lo que indica una alta carga orgánica en el agua. El límite máximo permitido por la Resolución 0631 de 2015 para la descarga de aguas residuales en cuerpos de agua es de 450 mg O₂/L.

La cantidad de grasas y aceites presentes en la muestra es de 410 mg/L, lo que indica que hay una gran cantidad de grasas y aceites en el agua. Este valor supera el límite máximo permitido por la Resolución 0631 de 2015, que establece un límite de 20 mg/L para la descarga de grasas y aceites en cuerpos de agua.

6.2. DETERMINANDO LAS DOSIS DE COAGULANTES NATURALES (QUITOSANO Y ALMIDON DE YUCA) REQUERIDAS EN EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LACTEOS EN LA PLANTA SEDE VALLEDUPAR.

Se realizaron distintas pruebas de Jarras con la finalidad de hallar las dosis óptimas de coagulantes, con el fin de encontrar la dosis que mejore las características fisicoquímicas de las aguas residuales objeto de estudio, cabe destacar que se tomó como referencia el parámetro de turbiedad para escoger la dosis óptima requerida en planta, para ello se realizaron las siguientes actividades y se obtuvieron los siguientes resultados:

6.2.1. Obtención Del Coagulante

Para la obtención de cada coagulante se realizaron metodologías distintas que se describen a continuación;

- **Quitosano comercial:** Se compró de manera comercial para su respectiva evaluación, se compró de la marca Sigma Chemical Co.



Figura 3.

Quitosano Sigma Chemical Co

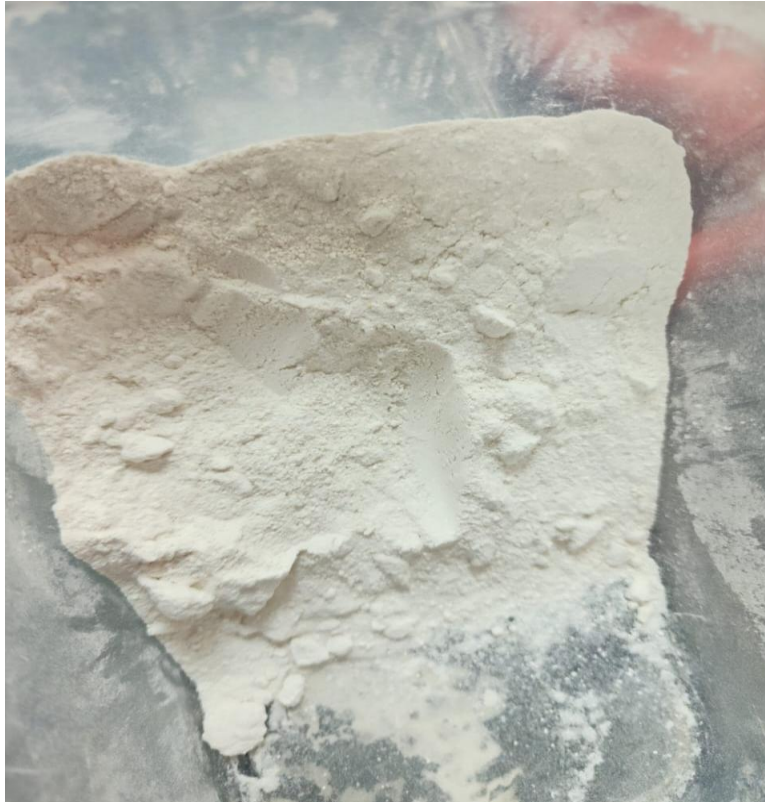


Nota: Fuente; Autor 2023

- **Almidón de yuca:** Se obtuvo a partir de una metodología llamada método húmedo el cual está descrito en la parte de metodología, pero en resumen obtuvimos una sustancia blanca, harinosa con unas características sólidas y pH neutro.

Figura 4.

Coagulante obtenido Almidón de Yuca



Nota: Fuente; Autores 2023

6.2.2. Dosificación De Coagulante

- **Quitosano comercial:** Inicialmente se pesaron 100mg del quitosano comercial y se disolvió en ácido acético al 5% en 10 ml, preparando soluciones coagulantes al 1,0% con una concentración madre de 10,000 mg/L, posterior esto se utilizaron las metodologías dispuestas para obtener las dosis optimas o rangos de dosis optimas con el fin de evaluar el comportamiento de dicho coagulante con el agua residual, se realizaron un total de 3 pruebas con los siguientes resultados:



“Tabla 5.

Prueba Dosis Inicial (Quitosano)”

DOSIS COAGULANTE (ppm)	TURBIEDAD (UNT)
10 mg/L	980
50 mg/L	756
100 mg/L	326
500 mg/L	118
1000 mg/L	890

Nota: Fuente; Autores 2023.

Para esta prueba se obtuvieron mejores resultados en la disminución de la turbiedad entre las dosis de 100 mg/L y 500 mg/L de quitosano, por lo que se dispuso a realizar la segunda prueba con rangos cercanos estos:

“Tabla 6.

Prueba Dosis por Rango (Quitosano)”

DOSIS COAGULANTE (ppm)	TURBIEDAD (UNT)
100 mg/L	310
200 mg/L	140



300 mg/L	34
400 mg/L	69
500 mg/L	110

Nota: Fuente; Autor 2023.

Para esta prueba se obtuvieron mejores resultados en la disminución de la turbiedad entre las dosis de 300 mg/L y 400 mg/L de quitosano, por lo que se dispuso a realizar la tercera y última prueba con rangos cercanos estos, dándonos los siguientes resultados:

“Tabla 7.

Prueba 3 Dosis Optima (Quitosano)”

DOSIS COAGULANTE (ppm)	TURBIEDAD (UNT)
320 mg/L	28
340 mg/L	21
360 mg/L	9,22
380 mg/L	56
400 mg/L	71

Nota: Fuente; Autor 2023.

La dosis optima (dosis que presenta mayor disminución de la turbiedad en el menor tiempo posible) para el proceso de tratamiento de estas aguas utilizando Quitosano comercial se encuentra en un



rango entre (340-360 mg/L) aunque la que dio mejor resultado en la disminución de la turbiedad fue la de 360 mg/L dando una turbiedad solo de 9,22 UNT.

- **Almidón de yuca:** Posterior a la obtención del coagulante natural, se dispuso a realizar las distintas pruebas que se habían realizado anteriormente con el Quitosano, utilizando las mismas concentraciones de estudio para medir la eficacia del coagulante en estas aguas, dichos resultados se muestran a continuación;

“Tabla 8.

Prueba Dosis Inicial (Almidón de Yuca)”

DOSIS COAGULANTE (ppm)	TURBIEDAD (UNT)
10 mg/L	980
50 mg/L	900
100 mg/L	880
500 mg/L	930
1000 mg/L	1000

Nota: Fuente; Autor 2023.

Para esta prueba no se obtuvieron los mejores resultados en la disminución de la turbiedad, aunque entre las dosis de 50 mg/L y 100 mg/L del almidón de yuca se obtuvo una disminución mínima, por lo que se dispuso a realizar la segunda prueba con rangos cercanos estos para evaluar su comportamiento en las aguas residuales de la planta de lácteos:

“Tabla 9.

Prueba Dosis por Rango (Almidón de Yuca)”

DOSIS COAGULANTE (ppm)	TURBIEDAD (UNT)
50 mg/L	935
60 mg/L	892
80 mg/L	910
90 mg/L	889
100 mg/L	920

Nota: Fuente; Autores 2023.

No se evidenció un notable cambio en las turbiedades luego de ser aplicado el coagulante a base de almidón de yuca, por lo que no se realiza la tercera prueba donde se halla la dosis óptima, aún así se lograrán sacar algunas posibles razones por la cual se pudo haber presentado esta condición de poco cambio o casi nula la disminución de la turbiedad en las aguas residuales de la planta procesadora de lácteos, entre las cuales se puede asociar la preparación y obtención del coagulante, además de esto se nota que el viraje de la muestra de agua residual es similar al del coagulante, por lo que su color aparente no va a cambiar, en vez de esto se aumenta la intensidad de dicho parámetro.

6.3. COMPARAR LOS PORCENTAJES DE REMOCIÓN DE TURBIEDAD DE LOS COAGULANTES NATURALES (QUITOSANO Y ALMIDÓN DE YUCA) EN LAS AGUAS RESIDUALES DE LÁCTEOS EN LA PLANTA SEDE VALLEDUPAR.

Se tabulan los datos y se calculan algunas consideraciones con lo cual se halla la eficiencia del coagulante natural que logró remover una mayor cantidad de turbiedad el cual se considera más



efectivo, lo que permitirá en un futuro con esta investigación mejorar la calidad del agua residual y reducir los impactos ambientales de la planta procesadora de lácteos.

6.3.1. Prueba De Eficacia

Se organizaron, analizaron y se realizó la respectiva tabulación de los datos obtenidos con el fin de determinar los porcentajes de remoción de la turbiedad de los coagulantes naturales obtenidos, a fin de determinar la eficacia que tienen estos mismos sobre las aguas residuales de planta lácteos, de lo anterior se encontraron los siguientes resultados;

- **Quitosano comercial**

“Tabla 10.

% Remoción de Turbiedad (Quitosano)”

DOSIS COAGULANTE (ppm)	TURBIEDAD (UNT)	%REMOCIÓN DE TURBIEDAD
CONTROL	1000	0%
320 mg/L	28	97,2%
340 mg/L	21	97,9%
360 mg/L	9,22	99,1%
380 mg/L	56	94,4%
400 mg/L	71	92,9%

Nota: Fuente; Autores 2023.

- Almidón de Yuca

“Tabla 11.

% Remoción de Turbiedad (Almidón de Yuca)”

DOSIS COAGULANTE (ppm)	TURBIEDAD (UNT)	%REMOCIÓN DE TURBIEDAD
CONTROL	1000	0%
10 mg/L	980	2%
50 mg/L	900	10%
100 mg/L	880	12%
500 mg/L	930	7%
1000 mg/L	1000	0%

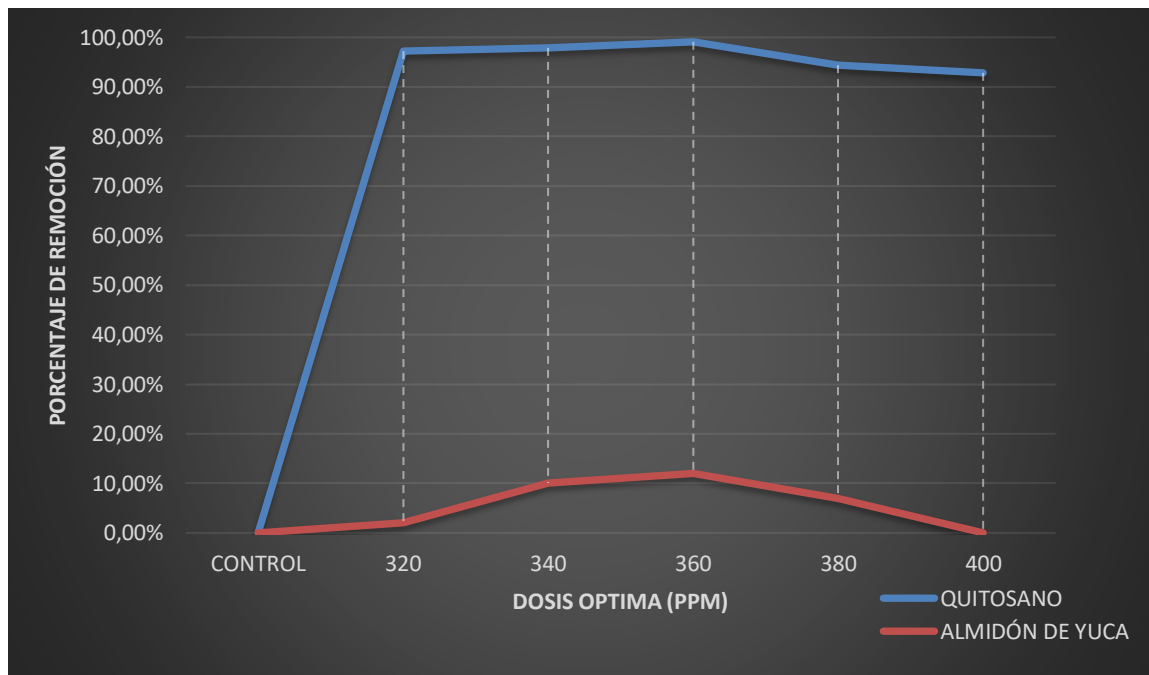
Nota: Fuente; Autores 2023.

Para la prueba del Quitosano las concentraciones que obtuvieron mayor eficacia en la remoción de la turbiedad estuvieron las dosis de 340 mg/L y 360 mg/L (Esta última tomada como Dosis Optima) de quitosano con unos porcentajes de 97,9% y 99,1% respectivamente.

Además de esto para la prueba del almidón de yuca, las concentraciones que se estudiaron no tuvieron mayor eficacia en la remoción de la turbiedad entre las dosis de 50 mg/L y 100 mg/L de coagulante, de esta manera se pueden observar unos pequeños porcentajes de remoción que van dentro de los 10% y 12% respectivamente; por lo que la gráfica de comportamiento de las dosis de coagulantes añadidas respecto al porcentaje de eficacia quedaría de la siguiente manera:

Figura 5.

Grafica comparativa Porcentaje de Remoción de Turbiedad Quitosano vs Almidón de Yuca



Nota: Autores 2023.

Para culminar el estudio se tomaron las muestras con las dosis optimas obtenidas y se les realizó una evaluación de los parametros tales como pH, SST, DQO, Aceites Y Grasas, con el fin de analizar los cambios en las concentraciones presentes en las muestras, con las condiciones iniciales del agua residual, a fin de determinar que tan eficaz es el uso del coagulante natural en estos tipos de aguas, los resultados para cada coagulante fueron los siguientes:

- **Quitosano comercial**

Luego de realizar todas las respectivas pruebas de remoción de solidos y haber determinado la dosis optima en la que el coagulante Quitosano actúa sobre las aguas residuales provenientes de la planta procesadora de lácteos, se tomó dicha muestra para evaluar su comportamiento con los demás



parámetros y se realizó la respectiva comparación con los valores límites máximos permisibles estipulados en la normatividad legal vigente.

“Tabla 12.

Análisis Parámetros Dosis Optima Qitosano”

PARÁMETROS	VALOR OBTENIDO	VALORES LÍMITE MAXIMO PERMISIBLE – RES. 0631 DE 2015
PH	5.24	5.00 - 9.00
TURBIDEZ (UNT)	9.22	NR
SST (MG/L)	30	150 mg/L
DQO (MG O ₂ /L)	107	450 mg O ₂ /L
GRASAS Y ACEITES (MG/L)	7	20 mg/L

Nota: Elaborado por Autores, 2023.

Además de esto también se evaluó el porcentaje de disminución de los parámetros iniciales con la dosis óptima del Qitosano, obteniendo los siguientes resultados;

“Tabla 13.

Porcentaje Disminución Dosis Optima Qitosano”

PARÁMETROS	%REMOCIÓN/ DISMINUCIÓN DE PARAMETRO
PH	14,45%
TURBIDEZ (UNT)	99,1%
SST (MG/L)	97,86%
DQO (MG O ₂ /L)	97,85%



GRASAS Y ACEITES (MG/L)	98,29%
-------------------------	--------

Nota: Elaborado por Autores, 2023.

Se obtuvieron los mejores resultados en comparación con la utilización del almidón de yuca, una considerable disminución en las concentraciones presentes de grasas y aceites, DQO, sólidos suspendidos totales y la turbidez, además de esto se analiza que hay un cumplimiento normativo con los valores máximos permisibles establecidos por la resolución 0631 de 2015.

Analizando los resultados del proyecto de grado de Novoa & Pallares (2020), en el que evaluaron la eficacia del quitosano en una empresa de lácteos y donde obtuvieron concentraciones de dosis óptimas de 60 y 100 mg/L podemos establecer que el quitosano tiene alta eficacia en las aguas residuales provenientes de plantas procesadoras de lácteos. Aunque en este caso las dosis óptimas estuvieron entre 340 y 360 mg/L aun así hubo una remoción de sólidos por encima del 95%; estas altas concentraciones pueden estar relacionadas con la diferencia en la producción de lácteos y de las características físicoquímicas de la materia prima (Leche).

- **Almidón de yuca**

Al igual que con el Quitosano, en este caso se analizó la prueba de dosis óptima encontrada en el almidón de yuca, se tomó dicha muestra para evaluar su comportamiento con los demás parámetros y se realizó la respectiva comparación con los valores límites máximos permisibles estipulados en la normatividad legal vigente, cabe resaltar que dichos valores límites máximos permisibles son para las aguas residuales que son vertidas al alcantarillado público puesto que así es el diseño de la planta de tratamientos de aguas residuales de la planta procesadora.



“Tabla 14.

Análisis Parámetros Dosis Optima Almidón De Yuca”

PARÁMETROS	VALOR OBTENIDO	VALORES LÍMITE MAXIMO PERMISIBLE – RES. 0631 DE 2015
PH	6.13	5.00 - 9.00
TURBIDEZ (UNT)	880	NR
SST (MG/L)	1200	150 mg/L
DQO (MG O ₂ /L)	2680	450 mg O ₂ /L
GRASAS Y ACEITES (MG/L)	198	20 mg/L

Nota: Elaborado por Autores, 2023.

Además de esto también se evaluó el porcentaje de disminución de los parámetros iniciales con la dosis óptima del Almidón de yuca, obteniendo los siguientes resultados;

“Tabla 15.

Porcentaje Disminución Dosis Optima Almidón de yuca”

PARÁMETROS	%REMOCIÓN/ DISMINUCIÓN DE PARAMETRO
PH	0%
TURBIDEZ (UNT)	12%
SST (MG/L)	14,2%
DQO (MG O ₂ /L)	46%
GRASAS Y ACEITES (MG/L)	51,7%

Nota: Elaborado por Autores, 2023.

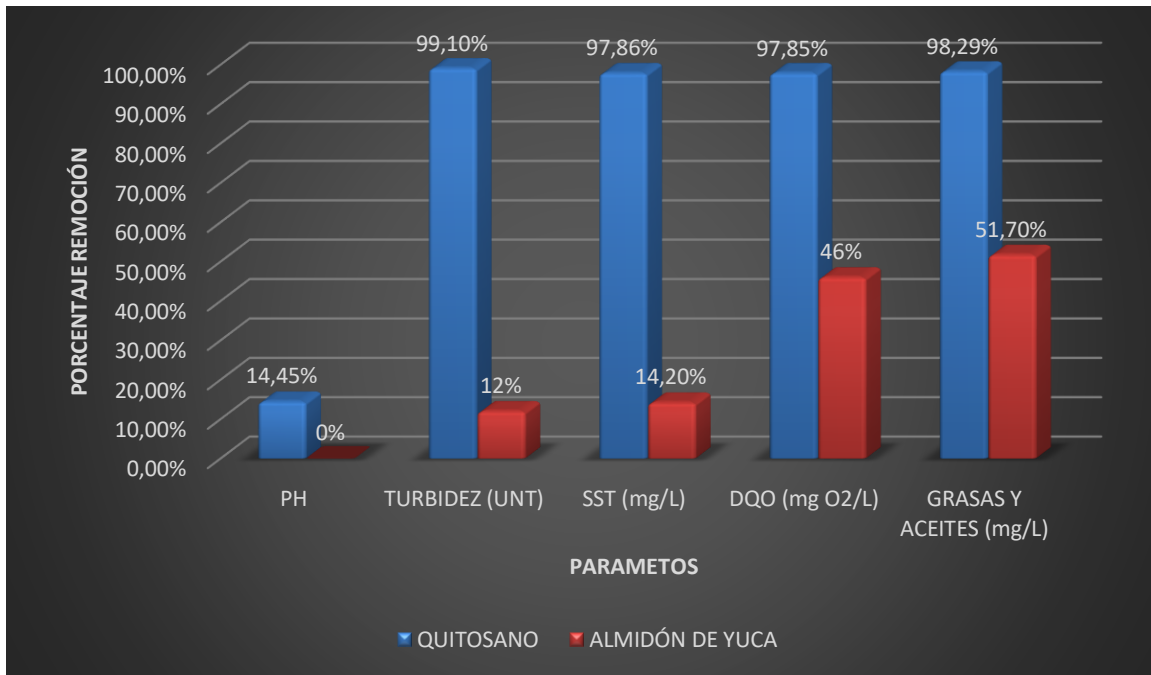


Como se había dicho con anterioridad, esta dosis óptima compuesta por almidón de yuca afecta las condiciones del agua residual no de manera positiva, aunque los resultados obtenidos nos dan una idea directa de las disminuciones aunque no tan efectivas como las del uso del quitosano, pero no deja de ser una alternativa la utilización del almidón de yuca, puesto que sus porcentajes de remoción de sólidos tiene un 12%.

Comparando los resultados obtenidos con la investigación de Munibe & Trujillo (2022), donde encontraron que en comparación de los dos coagulantes estudiados (Coagulantes Naturales A Base De Almidón De Yuca Y Opuntia Ficus Indica) en las aguas superficiales de su área de estudio, el coagulante que presentó mayor eficiencia fue el opuntia ficus indica teniendo un porcentaje de remoción de turbiedad de 99,5% y concluyen que el almidón de yuca por sus características de color aparente no se diferencia un cambio significativa en la medición de la turbiedad, problema que también se presentó en el proyecto donde no se notó una disminución significativa de este parámetro por lo que se entiende que el almidón de yuca aunque puede mejorar las características de algunos parámetros en este caso no tiene la facilidad de disminuir considerablemente la turbiedad de las aguas residuales proveniente de planta lácteos.

Figura 6.

Grafica Porcentaje de Remoción de Parámetros (Qitosano y Almidón de Yuca)



Nota: Elaborado por Autores, 2023.

Desde un análisis más objetivo sobre los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio en la utilización y aplicación de estos coagulantes sobre las aguas residuales provenientes de la planta procesadora de lácteos, podemos observar el comportamiento de cada parámetro con su porcentaje de disminución o remoción del mismo respecto a la comparación de los coagulantes a su vez, determinando así la eficacia del Qitosano, muy por encima de la utilización del almidón de yuca, Con esto se determina que el Qitosano actúa de una manera más eficaz sobre las aguas residuales de industrias lácteas a diferencia del almidón de yuca.

7. CONCLUSIONES

Luego de analizar las características físico-químicas del agua residual de la planta procesadora de lácteos en Valledupar y realizar pruebas de jarras con coagulantes naturales como el quitosano y almidón de yuca, se pueden obtener las siguientes conclusiones:

En la caracterización se presentan valores elevados de turbidez, SST, DQO, grasas y aceites, por lo que no cumplen con los parámetros límites máximos permisibles establecidos por la normatividad legal vigente, por lo que la utilización del quitosano como coagulante natural sería una alternativa viable para dar a esta problemática.

El quitosano comercial demostró ser eficaz en la disminución de la turbiedad de las aguas residuales de la planta procesadora de lácteos, especialmente a dosis óptimas de 340 mg/L a 360 mg/L con una eficacia en la remoción de sólidos de un 97,9% y 99,1% respectivamente, aunque estos datos pueden variar dependiendo de las actividades que se realicen en la planta, si es solo lavado o procesamiento de la materia prima. En cambio, el almidón de yuca no demostró ser tan efectivo para reducir la turbiedad del agua residual de la planta procesadora de lácteos, esto por algunas fallas al momento de obtener el coagulante o por la similitud que tienen en los colores aparente, por lo que el almidón puede estar aportándole una mayor turbiedad a la muestra de agua residual.

Es importante destacar que el uso de coagulantes naturales como el quitosano y almidón de yuca puede ser una alternativa efectiva y amigable con el medio ambiente para el tratamiento de aguas residuales en la industria láctea, como se acaba de demostrar en este proyecto de grado.



8. RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos, los análisis de los mismos, conclusiones, además de esto se recomienda lo siguiente:

1. Se sugiere realizar más investigaciones sobre la dosificación óptima de los coagulantes naturales y su efectividad en la remoción de otros contaminantes presentes en las aguas residuales de la planta procesadora de lácteos.
2. En general, los resultados obtenidos en este proyecto de grado indican que el uso de coagulantes naturales como el quitosano puede ser una alternativa efectiva y sostenible para el tratamiento de aguas residuales en la industria láctea. Sin embargo, se recomienda utilizar tratamientos previos con el fin de disminuir la concentración de los sólidos antes de la utilización del coagulante.
3. Ampliar las evaluaciones y estudios con la utilización de floculantes combinados con los coagulantes naturales para mejorar la eficacia de los mismos en los tratamientos.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Adeogun, A. I., & Ojekunle, O. Z. (2019). Effect of pH on the coagulation efficiency of natural Coagulants for treatment of municipal wastewater. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 7(1), 102884.
- Alcocer, V. O. (2018). *Almidón de yuca (Manihot esculenta Crantz) como coadyuvante en la coagulación floculación de aguas residuales domésticas*. Obtenido de <http://www.ciba.org.mx/index.php/CIBA/article/view/73>
- Arango Ruiz, A. &, & Garcés Giraldo, L. (2007). *Tratamiento de aguas residuales de la industria láctea. producción más limpia*. Obtenido de <http://repository.lasallista.edu.co/dspace/handle/10567/526>
- Banchón, C. B., & Zambrano, L. (2016). *Coagulación natural para la descontaminación de efluentes industriales. Enfoque UTE*, 7(4), 111-126. Obtenido de <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v7n4.118>
- Bravo, M. (2017). *Coagulantes y floculantes naturales usados en la reducción de turbidez*. Obtenido de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/5609/1/BravoGallardoMonicaAlejandra2>
- Caballero, J. A., & Ruiz, M. C. (2018). Evaluación de la eficacia de diferentes coagulantes naturales en la depuración de aguas residuales. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 34(2), 251-260.
- Chakraborty, S., & Bhattacharjee, C. (2018). Performance evaluation of natural coagulants in treatment of industrial wastewater. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(2), 2387-2393.
- Cárdenas, Y. A. (2000). *TRATAMIENTO DE AGUA COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN*. Lima: sedapal.
- Carrasquero, S. C., & Vargas, L. (2014). *Eficiencia del Quitosano como coagulante en aguas residuales de una industria procesadora de harina*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Julio_Cesar_Marin2/publication/274719496_The_effi
- Carrasquero, S. F., & Colina, G. (2016). efectividad del Quitosano en la clarificación de aguas para una industria procesadora de alimentos. *revista de la facultad de ingeniería U.C.V.*, 57-68.
- COMUNIDAD ANDINA. (2008). *MANUAL DE ESTADISTICAS AMBIENTALES*. Obtenido de Secretaria general de la Comunidad Andina:



https://www.comunidadandina.org/StaticFiles/OtrosTemas/MedioAmbiente/Manual_estadisticas_ambientales.pdf

CONTYQUIM. (22 de Marzo de 2022). Obtenido de CONTYQUIM: <https://contyquim.com/blog/el-coagulante-en-el-tratamiento-de-aguas>

Cordero, D. (2012). *EL cambio climático*. Obtenido de <https://revistas.intec.edu.do/index.php/ciso/article/view/929>

Creative Commons Corporation . (19 de febrero de 2020). *Creative Commons* . Obtenido de Creative Commons: <https://creativecommons.org/about/cclicenses/>

Díaz, J. (2014). *Coagulantes – floculantes orgánicos e inorgánicos elaborados de plantas y del reciclaje de la chatarra, para el tratamiento de aguas contaminadas*. Obtenido de [file:///E:/Usuarios/Datos%20Usuario/Downloads/coagulantes-floculantes-organicos-e-inorganicos-elaborados-de-plantas-y-del-reciclaje-de-la-chatarra-para-el-tratamiento-de-aguas-contaminadas%20\(1\).pdf](file:///E:/Usuarios/Datos%20Usuario/Downloads/coagulantes-floculantes-organicos-e-inorganicos-elaborados-de-plantas-y-del-reciclaje-de-la-chatarra-para-el-tratamiento-de-aguas-contaminadas%20(1).pdf)

ELEMENTOS DEL CLIMA. (s.f.). Obtenido de [navarra.es: http://meteo.navarra.es/definiciones/elementosFactores.cfm#:~:text=El%20tiempo%20atmosf%C3%A9rico%20es%20la,se%20denominan%20elementos%20del%20clima](http://meteo.navarra.es/definiciones/elementosFactores.cfm#:~:text=El%20tiempo%20atmosf%C3%A9rico%20es%20la,se%20denominan%20elementos%20del%20clima).

Equipo editorial, E. D. (13 de junio de 2022). *AGUA RESIDUAL*. Obtenido de [concepto: https://concepto.de/clima-2/](https://concepto.de/clima-2/)

Fibras y Normas de Colombia. (2019). Obtenido de Blog: <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/aguas-residuales-clasificacion-y-caracteristicas/#CLASIFICACION-DE-LAS-AGUAS-RESIDUALES>

García, E., & Martínez, M. (2017). Evaluación de la eficiencia de coagulantes naturales en el tratamiento de aguas residuales de mataderos. *Revista de la Asociación Latinoamericana de Técnicos en Papel*, 28, 24-30.

Gómez, J. G. (s.f.). *HISTORIA Y ALGO DE MERCADEO: CASO COLANTA*. (Empresarial, Ed.) *cátedras de innovación*. Obtenido de <https://www.eafit.edu.co/escuelas/administracion/emprendimiento-academico/bitacora-de-innovacion/casos-catedra-de-innovacion/Documents/Articulo%20Colanta.pdf>

Guzmán, K. (s.f.). *La industria de lácteos en Valledupar: primera en la región Caribe*. *banco de la república de Colombia*. Obtenido de <https://www.banrep.gov.co/es/dtser-184>



Horna, K. M. (2020). *repositorio.upn*. Obtenido de repositorio.upn:
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/26209/Trabajo%20de%20investigaci%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

INSTRUMENTS, H. (2018). *higieneambiental*. Obtenido de higieneambiental.

KAWAMURA, S. (1991). Effectiveness of natural polyelectrolytes in water treatment. *Journal of American Water Works Association*, 88-91.

Jena, S. K., & Nayak, A. K. (2019). Performance evaluation of natural coagulants in treating pulp and paper mill wastewater. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 7(2), 102985.

Lárez Velásquez, C. (2003). algunos usos del Quitosano en sistemas acuosos. *iberoamericana*, 91-109.

López, E. M. (2017). Obtenido de http://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Energia_Quimica_y_Fisica/vol4num13/Revista_de_Energia_Quimica_y_Fisica_V4_N13_1.pdf

Lopera, M. A., & Betancur, C. E. (2018). Evaluación de la eficiencia de coagulantes naturales en la eliminación de contaminantes en aguas residuales de la industria alimentaria. *Revista Colombiana de Química*, 47(2), 62-70.

Luis Guzmán, Á. V. (Junio de 2013). REDUCCIÓN DE LA TURBIDEZ DEL AGUA USANDO COAGULANTES NATURALES: UNA REVISIÓN. 16. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262013000100029#:~:text=2010\)%3B%20sin%20embargo%2C%20existen,%3B%20Haaroff%20%26%20Cleasby%201988](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262013000100029#:~:text=2010)%3B%20sin%20embargo%2C%20existen,%3B%20Haaroff%20%26%20Cleasby%201988).

Ma, C., Wenrong, H., Pei, H. X., & Pei, R. (2016). *La mejora de la eliminación integrada de Microcystis aeruginosa y la adsorción de microcistinas usando coagulantes combinados de cloruro de aluminioquitosano: Efecto de las órdenes de dosificación de productos químicos y los mecanismos de coagulación*. *Coloides y Superficies*490.

Matos, M., & Aguirre, J. (2019). Evaluación de la eficacia de coagulantes naturales en el tratamiento de aguas residuales en una planta de tratamiento de aguas residuales. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 43(167), 235-243.

Martel, A. B. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/3374/337428495008.pdf>



- Méndez, M., & García, O. (2017). Evaluación de la eficacia de coagulantes naturales en el tratamiento de aguas residuales de la industria textil. *Revista de Investigación en Ciencias Ambientales*, 1(1), 29-37.
- Molina, A., & Gómez, A. (2018). Evaluación de la eficiencia de coagulantes naturales en la eliminación de contaminantes en aguas residuales de una fábrica de productos lácteos. *Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología del Agua*, 9(1), 23-31.
- Muthuvelan, B., & Palanisamy, P. N. (2018). Treatment of tannery wastewater using natural coagulants. *Journal of Water Process Engineering*, 23, 1-8.
- Nancy Cabrera, E. S. (2018). *Ensayo de coagulantes naturales extraídos de Ipomoea incarnata y Moringa oleífera en la depuración de aguas residuales industriales en Cartagena de Indias* (Vol. 16). Cartagena: PROSPECTIVA.
- OCEANOGRAFIA OPERACIONAL. (s.f.). (C. d.-C. H, Productor) Obtenido de OCEANOGRAFIA OPERACIONAL:
<https://www.cioh.org.co/meteorologia/Climatologia/ResumenRiohacha3.pHp>
- Ortega, D., & Muñoz, J. (2019). Evaluación de la eficacia de coagulantes naturales en el tratamiento de aguas residuales de la industria cervecera. *Revista de la Asociación Española de Ciencias del Agua*, 32(1), 45-52.
- Paca, F. R. (2017). *1library*. Obtenido de 1library: <https://1library.co/document/y8grn65z-evaluacion-vegetales-coagulantes-naturales-tratamiento-residuales-procedentes-industria.html>
- Padilla Arévalo, O. G. (s.f.). *Determinación de las características coagulantes del almidón de papa y de la tuna opuntia ficus indica para remoción de turbidez en el proceso de tratamiento de aguas superficiales* (Bachelor's tesis, Universidad de Guayaquil. Obtenido de FACULTAD INGENIERIA QUIMICA.
- Palacios, J. Z. (2016). *Eficiencia del coagulante natural Opuntia ficus indica (l.) Miller con un sistema de filtración para la remoción de parámetros fisicoquímicos y biológicos en el agua residual domestica del centro urbano Hornillos, ancash 2016*. Obtenido de http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/841/Jaimes_PNZ.pdf?sequence=1&isAllo wed=y
- Parra, Y. C. (2011). Clarificación de aguas de alta turbidez empleando el Mucílago de Opuntia wentiana (Britton & Rose) / (Cactaceae). 1, 27-33.



Pérez, R., & Sánchez, M. (2017). Evaluación de la eficacia de coagulantes naturales en el tratamiento de aguas residuales de la industria papelera. *Revista de la Asociación Española de Ingenieros Químicos*, 37(1), 15-22.

pochteca. (22 de diciembre de 2021). *pochteca*. Obtenido de pochteca: <https://mexico.pochteca.net/que-son-los-floculantes/>

Ramesh, M., & Palanisamy, P. N. (2017). Performance evaluation of natural coagulants for the removal of chromium from tannery wastewater. *Journal of Water Process Engineering*, 18, 19-27.

Ramos, E. y. (2016). *btención y caracterización física y química del almidón de yuca (Manihot esculentum) variedad Guayape*. Obtenido de <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/865/BC-TES-4008.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rodríguez, A., & Vargas, M. (2018). Evaluación de la eficiencia de coagulantes naturales en la eliminación de contaminantes en aguas residuales de la industria farmacéutica. *Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología del Agua*, 9(2), 17-24.

Sarojini, R., & Sathianarayanan, S. (2018). Performance evaluation of natural coagulants for the treatment of dairy industry wastewater. *Journal of Water Process Engineering*, 22, 1-9.

Salas, H. (2016). *Estudio comparativo de un coagulante natural frente a coagulantes*. Obtenido de (<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/100145>).

Salas, H. (20 de Enero de 2020). *upcommons*. Obtenido de upcommons: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/100145>

Sebastian Barreto Pardo, D. K. (2019). *Evaluación de coagulantes Naturales para el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas*. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. Obtenido de <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/3081/4739#info>

servyeco. (2020). *servyeco*. Obtenido de Coagulantes Naturales: <https://www.servyeco.com/coagulantes-naturales-banner.html>

Torres, J., & Gutiérrez, M. (2017). Evaluación de la eficacia de coagulantes naturales en el tratamiento de aguas residuales de la industria textil. *Revista de la Asociación Latinoamericana de Ciencias del Agua*, 5(1), 38-44.

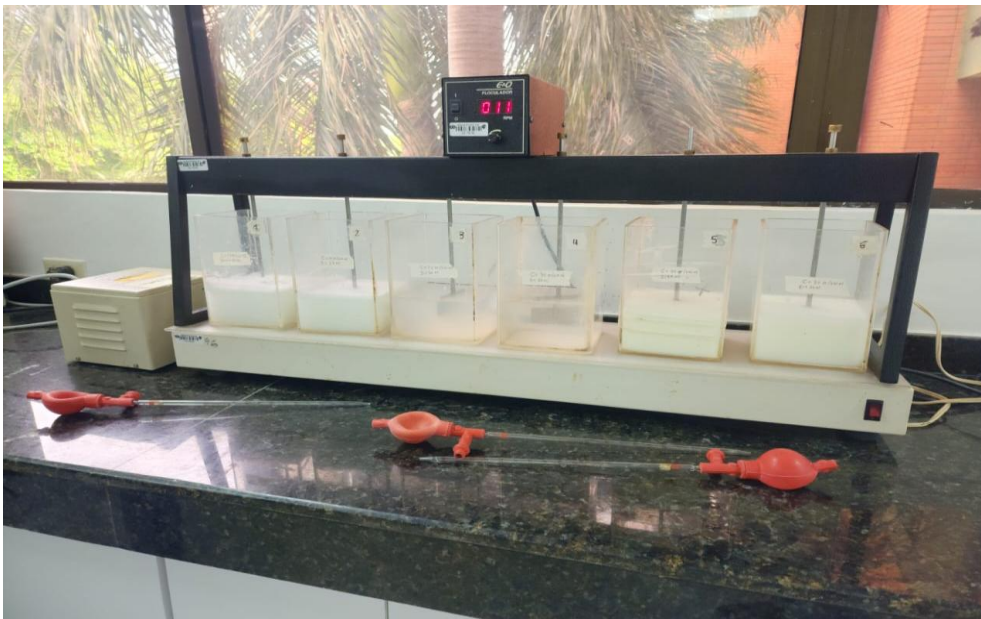
- Terán, Y. N. (2015). *Análisis de las características físico-químicas del fruto de opuntia ficus- indica (L.) Miller, cosechados en Lara, Venezuela.* . Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/813/81339864010.pdf>
- ulpgc. (s.f.). *MANUAL DE PRACTICAS AMBIENTALES.* Obtenido de ulpgc.: <https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/30/30290/manualdepracticadelaboratorio.pdf>
- VARGAS, J. S. (2019). *EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA SEMILLA DE AGUACATE Y MUCÍLAGO DE CAFÉ COMO COAGULANTES NATURALES EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.* ACADÉMICO, UNIVERSIDAD LIBRE, Bogotá. Obtenido de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/19180/EVALUACION%20DE%20LA%20EFICIENCIA%20DE%20LA%20SEMILLA%20DE%20AGUACATE%20Y%20MUC%20LAGO%20DE%20CAF%20COMO%20COAGULANTES%20NATURALES.pdf?sequence=1>
- Villabona, A. P. (2013). *Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación/floculación usando almidón de plátano.* . Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-34752013000100014



ANEXOS



Anexo 1. Test Jarras



Anexo 2. Mezcla Lenta Test de Jarras



Anexo 3. Dosificación coagulante



Anexo 4. Medición de Turbiedad



Anexo 5. Turbidimetro