

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA VAINA Y SAVIA DEL SAMANEA
SAMAN COMO COAGULANTE NATURAL PARA EL TRATAMIENTO DE LAS
AGUAS DEL RIO CASACARA JURISDICCIÓN DEL MUNICIPIO DE AGUSTÍN
CODAZZI, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

MIGUEL ANGEL ALARCON ANAYA

BRIANA MARCELA SANCHEZ BENJUMEA

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERIA Y TECNOLOGIA
INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR (CESAR)**

2022

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA VAINA Y SAVIA DEL SAMANEA
SAMAN COMO COAGULANTE NATURAL PARA EL TRATAMIENTO DE LAS
AGUAS DEL RIO CASACARA JURISDICCIÓN DEL MUNICIPIO DE AGUSTÍN
CODAZZI, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

MIGUEL ANGEL ALARCON ANAYA

BRIANA MARCELA SANCHEZ BENJUMEA

**DIRECTOR DE PROYECTO:
JOSE LUIS RODRIGUEZ CASTILLA**

**ASESOR:
JIM JAMES RODRIGUEZ DIAZ**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERIA Y TECNOLOGIA
PROYECTO DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR (CESAR)**

2022

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios gratamente por darte este nuevo logro y a oportunidad en la vida y a mis padres Luis Alarcón Pantoja y Mónica Anaya Santiago, por apoyarme y acompañarme en cada proceso de mi formación por siempre darme ánimo y mucha fortaleza para realizar mis logros, deseo y metas propuesta, agradezco el acompañarme en cada momento difícil.

Gracias a mis docentes y director de proyecto José Luis Rodríguez, que fueron como mis segundos padres, que me guían en cada proceso, me aconsejaron en mis toma de decisiones y me inculcaron el deber de ser una gran profesional, de nunca rendirte en cada proceso.

Mis familiares como tíos, primos, hermanos, abuelos que siempre estuvieron pendiente de mí, me ayudaron en cada etapa de mi vida a ser una gran persona y profesional con valores y ser siempre correcto con los demás y conmigo.

También agradezco a mis amigos de la universidad y a mi amiga de proyecto Briana Sánchez, que me acompañaron y ayudaron a ser cada vez mejor persona, compartimos derrotas y victoreas, compartimos momentos únicos y maravillosos en esta etapa de mi vida, nos ayudamos y apoyamos juntos hasta alcanzar nuestros logros, agradezco a todos por siempre estar a mi lado y darme ese apoyo y palabras que en momento difíciles me ayudaron a levantarme y seguir adelante.

Muchas gracias.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer principalmente a Dios por acompañarme en cada paso de mi vida, a mi madre Belkis Benjumea Zúñiga por estar ahí siempre y por recordarme cada día “que nada puede quedarme grande”, y sentirse siempre orgullosa de mí, a mi Padre Edel Sánchez Rivera por brindarme todo el apoyo que necesité.

A José Luis Lora por ser un gran amigo, por brindarme esa amistad sincera y por ayudarme cuando más lo necesité.

A mi familiares, mi abuela, tías y tío, por estar pendientes de mi proceso académico y brindarme una mano cada vez que necesitaba, a mis primos por ver en mí a un ejemplo a seguir y solo quiero decirles que ustedes también pueden lograr esto y mucho más.

Y, por último, pero no menos importantes a todas aquellas personas que, aunque no estuvieron en toda mi formación académica, fueron un pilar para mí no me alcanzarían las palabras para agradecer personalmente a cada uno de ustedes por todo el sacrificio, las horas de sueño y el amor que me brindaron, infinitas gracias por todo el amor que me brindan día a día.

A todos ustedes y más, gracias.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	10
ABSTRACT.....	11
1. INTRODUCCIÓN.....	12
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
2.1 Formulación	14
3. JUSTIFICACION	15
4. OBJETIVOS.....	18
4.1 Objetivo general	18
4.2 Objetivos específicos.....	18
5. MARCO REFERENCIAL.....	19
5.1 Antecedentes	19
5.2 Marco teórico	24
5.2.1 Características del agua potable.....	24
Tabla 1. Estándares para -Agua Potable.....	24
5.2.2 Sistema de floculación y coagulación.....	26
5.2.3 Prueba o ensayo de jarras	28
5.2.4 Planta Samanea Saman	29
Figura 1: Planta Samanea Saman (Árbol de algarrobillo).	30
Tabla 2. Condiciones naturales del crecimiento anual del samanea saman.	31
Figura 2: Corteza de la semilla y semilla del Samanea Saman.	31
5.2.5 Rio Casacará (departamento del Cesar).....	32
5.3 Marco conceptual	33
5.3.1 Conceptos básicos.....	33
5.4 Marco contextual.....	37
Figura 3: Localización geográfica del Corregimiento de Llerasca.....	37
5.5 Marco legal.....	38
Tabla 3. Contenido del Marco Legal.	38
6. HIPOTESIS.....	42
7. DISEÑO METEODOLOGICO	43
7.1 Línea y sub-línea de la investigación	43
7.2 Tipo de investigación	43
7.3 Nivel de investigación.....	44

7.4 Población	44
7.5 Muestra.....	44
Figura 4: Localización geográfica del tramo de la muestra del río de Casacará en el Corregimiento de Llerasca.....	45
7.5.1 Recolección de las muestras	45
7.5.2 Características iniciales de las muestras de agua.....	46
7.5.3 Conservación de las muestras de agua.....	46
7.6 Coagulante natural.....	46
7.6.1 Obtención de las vainas	46
7.6.2 Conservación del coagulante natural	47
7.7 Diseño experimental.....	47
7.7.1 Test de Jarras	48
7.7.2 Equipos y materiales utilizados	49
7.7.3 Paso a paso procedimiento experimental.....	49
Tabla 4: Paso a paso procedimiento experimental.	49
7.8 Procedimiento.....	50
7.8.1 Etapa 1: Caracterización fisicoquímica del agua.	50
7.8.2 Etapa 2: Extracción del coagulante.....	51
7.8.3 Etapa 3: Comportamiento del coagulante en cada uno de los tratamientos usados en el estudio para la remoción de la turbidez del agua cruda.....	51
Tabla 5: Comportamiento del coagulante.....	52
Tabla 6: Determinación de la Dosis óptima para la muestra tomada en verano.....	52
Tabla 7: Determinación de la Dosis óptima para la muestra tomada en invierno.	52
8. ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS	54
8.1 Aplicación del diseño experimental	54
8.2 Condiciones iniciales.....	54
Tabla 8: Muestra 1 condiciones iniciales para una turbiedad de 6.24 NTU.....	55
Tabla 9: Muestra 2 condiciones iniciales para una turbiedad de 38.33 NTU.....	55
8.3 Comportamiento de las dosis de los tratamientos con distintos tiempos de sedimentación.	56
Figura 5. Comportamiento de las dosis de CcMo en distintos tiempos de sedimentación para una turbidez de 38.33 NTU.	57

Figura 6. Comportamiento de las dosis de CcMo en distintos tiempos de sedimentación para una turbidez de 6.24 NTU.	57
8.4 Comparación de los resultados fisicoquímico con la normatividad colombiana vigente para el agua potable.....	58
Tabla 10. Parámetros fisicoquímicos tenidos en cuenta para el agua cruda para la muestra con turbidez de 38,33 NTU en comparación con la resolución 2115 del 2007.....	58
Tabla 11: Parámetros fisicoquímicos tenidos en cuenta para el agua cruda para la muestra con turbidez de 6.24 NTU en comparación con la resolución 2115 del 2007.....	59
8.5 Solidos suspendidos totales (SST)	60
Figura 7. Eficiencia del samanea saman en el parámetro de SST	60
8.6 Eficiencia del samanea saman en comparación con el sulfato de aluminio	61
Figura 8. Comparación del samanea saman Vs el sulfato de aluminio (turbiedad)	61
CONCLUSIONES.....	62
RECOMENDACIONES.....	63
BIBLIOGRAFÍA	64
ANEXOS	68
Anexo 1: registro fotográfico	68

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estándares para -Agua Potable.	24
Tabla 2. Condiciones naturales del crecimiento anual del samanea saman.	31
Tabla 3. Contenido del Marco Legal.	38
Tabla 4: Paso a paso procedimiento experimental.....	49
Tabla 5: Comportamiento del coagulante	52
Tabla 6: Determinación de la Dosis óptima para la muestra tomada en verano.....	55
Tabla 7: Determinación de la Dosis óptima para la muestra tomada en invierno.	55
Tabla 8: Muestra 1 condiciones iniciales para una turbiedad de 6.24 NTU	55
Tabla 9: Muestra 2 condiciones iniciales para una turbiedad de 6.24 NTU	55
Tabla 10. Parámetros fisicoquímicos tenidos en cuenta para el agua cruda para la muestra con turbidez de 38,33 NTU en comparación con la resolución 2115 del 2007.....	58
Tabla 11: Parámetros fisicoquímicos tenidos en cuenta para el agua cruda para la muestra con turbidez de 6.24 NTU en comparación con la resolución 2115 del 2007	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Planta Samanea Saman (Árbol de algarrobillo).	30
Figura 2: Corteza de la semilla y semilla del Samanea Saman.	31
Figura 3: Localización geográfica del río de Casacara en el Corregimiento de Llerasca.	37
Figura 4: Localización geográfica del tramo de la muestra del río de Casacará en el Corregimiento de Llerasca.	45
Figura 5: Comportamiento de las dosis de CcMo en distintos tiempos de sedimentación para una turbidez de 38.33 NTU.....	57
Figura 6: Comportamiento de las dosis de CcMo en distintos tiempos de sedimentación para una turbidez de 6.24 NTU.....	61
Figura 7: Eficiencia del samanea saman en el parámetro de SST	60
Figura 8: Comparación del samanea saman Vs el sulfato de aluminio (turbiedad).....	61

RESUMEN

En la purificación de agua potable, el sulfato de aluminio se utiliza para eliminar sustancias coloidales y materia orgánica para mejorar la calidad del agua. Los altos niveles de aluminio residual en el agua potable tienen implicaciones para la salud humana, lo que requiere el desarrollo de coagulantes alternativos ambientalmente aceptables para reemplazar los productos químicos (LIANCOL). En este proyecto, la vaina y la savia de *Samanea saman* se investigaron como un coagulante natural, su dosis óptima se determinó mediante una prueba de jarras y los parámetros se determinaron utilizando agua cruda estableciendo su dosis óptima mediante la prueba de jarras y determinando los parámetros: turbidez, color, pH, y alcalinidad usando el agua cruda del río Casacará y solución de coagulante en dosis de 30-150 ppm, con valores de turbidez inicial entre 6.24 -38.33 NTU. La dosis óptima del coagulante resultó entre 30-50 ppm, obteniendo disminuciones significativas en los valores de turbidez (2.74NTU), los valores de pH y alcalinidad total no cambiaron significativamente.

Palabras clave: coagulante natural, caracterización fisicoquímica, samanea saman, agua cruda, río casacara, potabilización.

ABSTRACT

In drinking water purification, aluminum sulfate is used to remove colloidal substances and organic matter to improve water quality. High levels of residual aluminum in drinking water have implications for human health, requiring the development of alternative environmentally acceptable coagulants to replace chemicals (LIANCOL). In this project, the pod and sap of *Samanea saman* were investigated as a natural coagulant, its optimal dosage was determined by jar test and parameters were determined using raw water establishing its optimal dosage by jar test and determining parameters.: turbidity, color, pH, and alkalinity using raw water from the Casacará River and coagulant solution at doses of 30-150 ppm, with initial turbidity values between 6.24 -38.33 NTU. The optimal dose of the coagulant was between 30-50 ppm, obtaining significant decreases in the turbidity values (2.74NTU), the values of pH and total alkalinity did not change significantly.

Keywords: natural coagulant, physicochemical characterization, *samanea saman*, raw water, river casacara, purification.

1. INTRODUCCIÓN

En América Latina entre 36 y 40 millones de personas no cuentan con servicio básico de agua potable. Por lo que se van obligados a recurrir a fuentes externas, para conseguir el agua apta para el consumo. La cantidad de agua en la tierra se ha mantenido constante durante millones de años, pero el tipo de consumo y consumidores ha aumentado exponencialmente. (Noticias ONU, 2019) Algunos factores como el crecimiento demográfico, el calentamiento global o la urbanización están mermando las reservas mundiales de agua.

El agua potable es un valioso recurso del que podemos disfrutar día a día y nos brinda bienestar aun en las situaciones más cotidianas, el consumo de este vital líquido en condiciones adecuadas de potabilización, es esencial para una vida saludable y un derecho básico reconocido por la Organización Mundial de la Salud (Fan del agua, 2018). En el Corregimiento de Llerasca - Cesar, el sistema de abastecimiento suministra, agua que no cumple con las condiciones básicas de calidad de agua, a más de mil noventa personas. Siendo el río Casacara el principal proveedor, ya que la planta de potabilización se surte de su caudal.

A lo largo de la historia ha marcado el desarrollo político y económico de los países y en ocasiones ese desarrollo se ve ralentizado por la existencia, de fenómenos externos como o son los desastres (naturales y humanos), entonces en determinadas situaciones esos fenómenos, causan daños tales que la población local no puede solucionar, sino que se necesitan una asistencia externa (Suárez, L. M. 2020).

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El desarrollo de coagulantes alternativos nace a partir de la siguiente problemática; el sulfato de Aluminio y sulfato ferroso es generalmente el más usado mundialmente en los tratamientos de agua en el proceso de clarificación esta mejora significativamente la calidad de agua, pero toda sustancia química en concentraciones elevadas tiene implicaciones en la salud humana, gracias a esto se han elaborado varios estudios acerca de algunos reemplazos de este coagulante entre ellos se encuentra el *samanea saman*.

El río Casacara, jurisdicción de Agustín Codazzi, Departamento del Cesar es quien surte a la población de Llerasca, Casacara, veredas Ave María y Carrizal, los habitantes de las zonas aledañas al cauce del río recurren a consumir agua hervida, comprar en los corregimientos cercanos o utilizar sus propios métodos de potabilización, cabe destacar que esta última práctica coloca en riesgo a las personas que consumen el líquido generando enfermedades por otro lado el hecho de comprar el agua para el consumo es un gasto mucho más amplio que el que se tendría si una planta de tratamiento funcionara.

Los análisis fisicoquímicos realizados en noviembre del año 2018, en la universidad popular del Cesar, nos arrojaron que esta agua no cumple con los estándares de calidad establecido en la resolución 2115 del 2007. Si la situación persiste puede generar posibles afecciones a toda la comunidad damnificando principalmente a niños, personas de tercera edad y mujeres embarazadas, afectando indirectamente al feto provocando deformación, también puede provocar proliferación de insectos, virus, bacterias, hongos y mucha variedad de agentes patógenos.

En la localidad de Llerasca, donde la mayoría de las personas se dedican a la agricultura y la ganadería. Las excretas de mamíferos y aves se encuentran esparcidas por todo el territorio. El

agua que se usa para el baño y el entretenimiento a menudo está contaminada y se distribuye a los pobladores para regar los cultivos. Lo que los habitantes aún no han entendido completamente son los riesgos de tal contaminación para la salud humana. Generalmente se cree que debido a la "barrera de especies", especialmente la especificidad de especie de la mayoría de los virus, las heces de animales son menos dañinas para la salud humana que las heces humanas.

El acceso a servicios de agua potable, saneamiento e higiene personal puede evitar que muchas personas se enfermen. Se estima que, debido a enfermedades, las enfermedades diarreicas representan aproximadamente el 3.6% de todos los años de vida ajustados por discapacidad y causan 1.5 millones de muertes cada año (OMS, 2012). Se estima que el 58% de la carga de morbilidad, o 842.000 muertes por año, se debe a la falta de agua potable y al saneamiento deficiente, incluidas 361.000 muertes de niños menores de 5 años, la mayoría de los cuales se encuentran en países o regiones de bajos ingresos. (OMS, 2014). Por medio de encuestas realizadas en julio del 2019, se puede llegar a demostrar la magnitud de la problemática y la necesidad que sufren hace muchos años, también del tratamiento del agua indispensable para la población.

2.1 Formulación

¿Será eficiente el uso del coagulante natural *samanea sama*, para el tratamiento de las aguas del río Cascará?

3. JUSTIFICACION

El agua es la necesidad básica de la humanidad. Todos en el planeta necesitan al menos de 20 a 50 litros de agua potable limpia y segura todos los días para beber, cocinar y mantenerse limpios. El agua contaminada no solo está sucia, también puede ser fatal. Casi 1,8 millones de personas mueren cada año a causa de enfermedades diarreicas como el cólera. Decenas de millones de personas están gravemente enfermas debido a diversas enfermedades relacionadas con el agua, muchas de las cuales son fáciles de predecir.

Las Naciones Unidas creen que el acceso al agua potable es un derecho humano básico y un paso importante hacia la mejora del nivel de vida del mundo. Las comunidades que carecen de recursos hídricos suelen ser económicamente pobres y sus residentes están atrapados en un círculo vicioso de pobreza.

En nuestro país se encontró que el Decreto No. 475 de 1998 estipula que 82 ciudades proveen agua potable, mientras que 72 ciudades cumplen con los estándares, es decir, parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Esto significa que 13,4 millones de personas no lo han hecho. Consumir agua de acuerdo con la normativa, con problemas de salud. En los siguientes sectores, ninguna de las ciudades informadas suministra agua apta para el consumo humano.

En Colombia, se han realizado investigaciones sobre la utilización de coagulantes naturales, como el almidón de yuca y el de maíz, los cuales, han sido evaluados junto con el sulfato de aluminio y un polielectrolito comercial, como agentes coagulantes de aguas crudas superficiales. Los resultados obtenidos mostraron un buen desempeño del almidón de maíz, comparable con el polielectrolito y mejor que el sulfato de aluminio; por el contrario, el almidón de yuca presentó un mal desempeño en estas condiciones y fue el menos efectivo de los agentes

coagulantes evaluados (Rodríguez et al. 2007). Esta vez se planea evaluar la eficiencia de la semilla del samanea saman como coagulante para tratar las aguas crudas del río Casacara.

Según el Informe Nacional sobre la Calidad del Agua Potable Humana emitido por el Ministerio de Salud y Protección Social en 2018, en la provincia de Cesar, solo 10 de las 25 ciudades que conforman el territorio cuentan con líquidos aptos para el ser humano, y 10 de ellas son en niveles de alto riesgo, de los cuales dos condiciones de salud no son factibles, tres están en un nivel medio y dos en un nivel bajo.

Según el Informe Nacional de Calidad del Agua (IRCA, 2018), el 100% de la ciudad de Cesar tiene muestras registradas en SIVICAP. Hay 687 muestras en total. El IRCA integral es del 12,3% y está clasificado como de bajo riesgo, de los cuales el 89,8% del agua es tratada, el 10,2% agua no tratada. El 48% de las ciudades afirmó que el agua no está en riesgo y el 8% de las ciudades tiene estándares sanitarios que no son factibles. En las zonas urbanas, el 97,8% de las muestras se registraron en el IRCA ya que el 12,1% eran de bajo riesgo, y en las zonas rurales, el 2,2% estaban registradas en el IRCA y el 20,4% eran de riesgo medio.

Este proyecto puede dar una perspectiva de la situación actual, la necesidad de consumir un agua que cumpla con las normas y estándares de calidad es importante, ya que nos garantiza una calidad de vida mejor, evitando enfermedades que pueden ser de gran peligro para las personas de edad avanzada, niños pequeños y mujeres en estado de embarazo.

Esta investigación tiene como objetivo principal evaluar la efectividad de la vaina del árbol samanea saman, para la clarificación de agua cruda en este caso en el río Casacara. Del mismo modo tiene como fin ampliar la información existente sobre este agente coagulante el cual hasta este momento no se ha implementado el uso de la vaina en este proceso.

La vaina y savia del árbol algarrobillo como coagulante natural resultaron ser muy atractivas al no pertenecer a la cadena alimenticia de la región caribe, por ende, su uso a gran escala no ocasionaría problemas de abastecimiento a la población, situación que si podría ocurrir con la utilización de la semilla de este y otros coagulantes naturales ya estudiados.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Evaluar la eficiencia de la vaina y savia del samanea saman como coagulante natural en el tratamiento de aguas crudas del río Casacará jurisdicción del municipio de Agustín Codazzi, departamento del Cesar.

4.2 Objetivos específicos

1. Realizar el proceso de extracción del coagulante de la vaina y savia del samanea saman, que será empleado en la prueba de jarras.
2. Caracterizar fisicoquímicamente el agua del río Casacará (PH, Temperatura, Conductividad, Turbidez, Sólidos disueltos totales, Dureza, Acidez, Alcalinidad), en el punto de captación de la planta de tratamiento de agua potable del corregimiento de Llerasca.
3. Definir la eficiencia y dosis óptima del coagulante natural extraído de la vaina y savia del samanea saman, con respecto a los coagulantes inorgánicos de mayor uso comercial.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1 Antecedentes

Para este fin (Feria, Altamiranda, & Soto, 2020), Desarrollaron el proyecto de Uso de semillas de *Tamarindus indica* como coagulante natural en el tratamiento de agua cruda, el principal objetivo de esta investigación es la de determinar la eficiencia de la remoción de la turbidez en las muestras de agua cruda, utilizando el extracto de la semilla de Tamarindo las cuales se lavaron y se secaron a la intemperie durante 12 horas, luego se coloca en un horno domestico durante 45 minutos y a una temperatura de 180°. Después se procedió a usar un molino mecánico, posteriormente el polvo de la semilla se disolvió en tres matraces aforados de 1.0 litro. Ahora para determinar la eficiencia de la semilla de tamarindo se realizó el test de jarras donde para la mezcla rápida se mantuvo a 200 rpm durante 1 minuto y seguidamente la mezcla lenta a 40 rpm, durante 40 minutos donde se midieron por triplicado la turbidez de todas las muestras de agua antes y después de realizar los test de jarras también se utilizó un blanco para verificar la actividad del coagulante de los extractos y la remoción de turbidez. Para el diseño experimental usar un diseño 3^3 , que consiste en 3 variables en 3 niveles. (PhaniMadhavi & Rajkumar, 2013), usaron semillas de tamarindus indica pulverizadas para tratar aguas residuales turbias, logrando reducir la turbidez hasta en un 78% en condiciones de pH óptimas y con dosis óptimas específicas.

En este sentido (Espinosa Otalora & Zuluaga Orjuela, 2018), Elaboraron un trabajo de investigación sobre la evaluación de la capacidad de dos coagulantes naturales para la remoción de cargas contaminantes en el efluente final de la empresa textil inruuzz s.a.s con respecto al coagulante comercial sulfato de aluminio, el cual consiste en tratamiento de las aguas residuales

industriales, donde lo más común es que se utilice el sulfato de aluminio como coagulante, este es muy eficiente para la remoción, pero también es causante de muchas afectaciones a la salud humana y al entorno, como alternativa para esta problemática decidieron utilizar un coagulante natural en este caso la Moringa Oleífera, para evaluar su capacidad de remoción decidieron hacerlo por el métodos de jarras en medio ácido, neutro y alcalino, se encontraron con resultados exitosos donde obtuvieron una más capacidad de remoción obtuvo, en el medio ácido, lograron un 66,20% de turbidez, 25,50% para DQO (demanda química de oxígeno), 62,50% para color y 74,80% para SST. Esto demuestra la gran eficiencia que tienen estos coagulantes naturales y su índice de eficiencia es realmente alto, hasta el punto de poder cumplir con los valores mínimos estipulados en la normativa.

De igual forma (Fandiño Mican & Gonzalez Leyva, 2018), Realizaron una tesis de grado denominada evaluación de la semilla de moringa como coagulante en aguas residuales de curtiembre, donde se plantea la evaluación de un componente natural como es la semilla de Moringa para la remoción de contaminantes en las aguas provenientes de una curtiembre, en su proceso de obtención se le hizo una separación, secado y triturado de estas, con la finalidad de obtenerlo en estado polvo, para después mezclarlo con hidróxido de sodio para la obtención de una solución patrón donde solo va a variar la dosificación, para este caso utilizaron la resolución 0631 del 2015 para determinar su eficiencia, de acuerdo a parámetros de PH, Cromo, DQO, SST. Para el desarrollo del diseño experimental utilizaron 9 muestras y cada una de estas se le realizaron 3 mediciones de turbidez dando por total 27 resultados de remoción y con un análisis ANOVA, se definieron que si existen diferencias significativas entre los resultados de los 9 ensayos y se seleccionaron las 2 muestras con mejores resultados de remoción de turbidez. Se obtuvo que con una dosificación de 50 ml de solución patrón de moringa se obtienen los mejores

resultados de remoción de cromo, mientras que la DQO y los SST no presentan mayores eficiencias bajo ninguno de los tratamientos realizados.

En relación con el anterior antecedente (Castellanos, 2017), Ejecutaron una revisión del uso de coagulantes naturales en el proceso de clarificación del agua en Colombia, se enfoca en el tratamiento de agua potable mediante nuevas alternativas como el uso de coagulantes de origen natural, utilizados para la remoción de turbidez y color en Colombia. Para este proceso se encontraron 7 coagulantes naturales, clasificados en extracto vegetal (*Opuntia ficus-indica*, *Moringa oleífera*, *Ipomea incarnata* y *Cassia fistula*), almidones (plátano y maíz) y agentes de origen animal (Quitosano). Para la experimentación que busca principalmente alcanzar los porcentajes de la remoción y color a los coagulantes inorgánicos, ya que los beneficios para la salud humana y para el ambiente, lo hacen una alternativa muy viable para el tratamiento de agua potable de las zonas urbanas y rurales. Para la aplicación la metodología será de forma cualitativo y descriptivo en términos de los resultados obtenidos en la experimentación del uso de coagulantes naturales y con esto identificar los extractos naturales utilizados en Colombia y su eficiencia.

En tal sentido (Olivero Verbel, Florez vergara, Vega Fellizola, & Villegas de Agua, 2017), Realizaron el estudio de la Evaluación de una mezcla para coagulantes naturales, *Opuntia ficus* y *Moringa oleífera* en, donde consiste en evaluar el desempeño de 3 coagulantes naturales para la remoción de los sólidos suspendidos y disueltos para el tratamiento del agua del río Magdalena, para cada uno de los coagulantes se le realizaron un proceso de pelado, secado, triturado y tamizado para convertirlos en polvo, la dosis de la muestra para determinar su eficiencia se utilizó un diseño experimental de $8 \times 3 \times 2$, donde se realizó el ensayo de jarras tanto para los coagulantes naturales como inorgánicos, para este caso se utilizó el sulfato de aluminio,

en el cual la mezcla rápida fue de 300 rpm por 30 segundos, posteriormente se dejaron sedimentar las muestras por 15 minutos. Para el cálculo de la turbiedad del agua se usó el turbidímetro y la absorbancia se procedió con un espectrofotómetro. Como comparación se utilizó el decreto 1575 del 2007 que contempla los valores mínimos como son la turbidez, la cual debe ser de 2NTU para el agua potable. También se identificó que la combinación de alumbre con los coagulantes naturales dio una gran eficiencia mayor a 95.0%, con la clarificación natural, la combinación tuvo más efecto de remoción de partículas suspendidas en el agua que fue la mezcla de coagulantes de Moringa oleífera y sulfato de aluminio, con Opuntia, determinaron que el coagulante natural alcanzó una eficiencia satisfactoria (84.5%); además, logró remover un gran porcentaje de turbidez (85.7%) y de absorbancia (57.1%) presente en el agua cruda

(Jimenez Salazar, Monsalvo Rojas, & Moron Carrillo, 2016), desarrollaron la investigación titulada Uso de coagulantes orgánicos e inorgánicos en el proceso físico-químico coagulación - floculación del afluente de un sistema lotico, en la universidad popular del cesar, este proyecto consiste extracción y utilización de coagulantes orgánicos como la moringa, carbón guajiro y el sulfato de aluminio como coagulante inorgánico para la comparación de su eficiencia y economía, la eficiencia de los coagulantes orgánicos e inorgánico se determina mediante el test de prueba de jarras, el cual simula el proceso de coagulación- floculación, para el tratamiento de aguas. Para ello, se realizaron tres repeticiones por cada tratamiento, el diseño experimental se utilizó completamente al azar ya que permite identificar cual es el diseño que se va a utilizar, suponiendo las experimentaciones homogéneas y de forma completamente al azar.

En ese marco de ideas (Martinez Maestre & Vega Cardenas, 2016), Realizaron la Investigación de Evaluación de la eficiencia del algarrobito como coagulante natural en el tratamiento de agua residuales de lácteos del cesar s.a. Este proyecto se centra en medir la

eficiencia de remoción de las aguas residuales de lácteos, utilizando la semilla del algarrobito, llamada científicamente samanea saman, en donde se removió la vaina de la semilla, que dentro está el endospermo cubierto por una capa rígida muy similar a la lentejuela, posteriormente los endospermos se molieron, licuaron y se tamizaron, experimentalmente iniciaron con un kilogramos que fueron medidas en horno desecador durante 2 días a 70°C no se implementó una temperatura mayor ya que perdería sus propiedades naturales, después de las experimentaciones se notó que el porcentaje de remoción de la turbiedad es inversamente proporcional al aumento de la dosis de coagulante, indicando que no hay remoción, por lo que se consideró que la aplicación de este método no es favorable ya que no cumple con la remoción del parámetro de estudio. Por lo que se puede concluir que el poder coagulante del algarrobito no está en la almendra de la semilla.

En consecuencia (Gonzalez, y otros, 2006), Investigaron sobre el chicle exudado producido por samanea saman en la potabilización del agua, el cual fue realizado por el laboratorio de investigación ambiental del núcleo costa orientas del lago (LIANCOL), Venezuela, Departamento de ingeniería sanitaria y ambiental (DISA) y el Centro de investigación en química de los productos naturales de la universidad del Zulia, Maracaibo; Venezuela. Este proyecto es de suma importancia ya que nos evidencias las propiedades de coagulación, utilizando la goma exudadas del samanea saman estableciendo las dosis optimas con la prueba de jarras para determinar parámetros fisicoquímicos. Los resultados de los investigadores empleando el exudado gomoso que se obtuvo de hacerles heridas en forma de surco a nivel del tallo, obtenido un total de 156 g de exudado gomoso con un rendimiento promedio de 53,10 g/semana/espécimen, este se procesó con un molino eléctrico de rotación, a una velocidad de 89 rpm hasta obtener un polvo muy fino, después se tamizo manuela mente.

Cuando se empleó en el proceso de coagulación fue capaz de remover niveles de turbiedad y color hasta alcanzar los valores aceptables del agua con una dosis optima de 10-25 mg/l del coagulante para la dosis de turbidez 10- 100 NTU, el exudado gomoso no afecto el PH y alcalinidad total para la dosis de 10-25 mg/l del coagulante, por encontrarse estos en el rango permisible de PH y alcalinidad, lo cual no requiere de sustancias químicas para ajustar estos valores.

5.2 Marco teórico

5.2.1 Características del agua potable

Los parámetros y límites permitidos en EEUU y la (Organizacion mundial de la salud (OMS)). Las sustancias químicas que se enumeran bajo el título de estéticas se han limitado, porque causan sabores, olores o colores indeseables y a menos que se encuentren en gran exceso, no causan inconvenientes en la salud. De las características

Que se enumeran bajo la categoría salud se sabe que afecta de forma importante a los humanos, el hecho de que se excedan los límites especificados es razón suficiente para rechazar el consumo del agua.

Tabla 1. Estándares para -Agua Potable.

Resolución 2115 de 2007	
Características Físicas	Valor Máximo Aceptable
Color aparente	15
Olor y Sabor	Aceptable
Turbiedad	2
Características Químicas	Valor Máximo Aceptable
Cloro residual	0.3 a 2.0
pH	6.5 a 9.0
Carbono Orgánico Total	5.0
Nitritos	0.1
Nitratos	10
Alcalinidad Total	200
Cloruros	250
Aluminio	0.2
Dureza Total	300
Hierro Total	0.3
Manganeso	0.1
Sulfatos	250

Fuente: Tomada a partir de la resolución 2115 del 2007

Características Físicas

En la provisión de agua se debe tener especial cuidado con los sabores, olores, colores y la turbidez del agua que se brinda, en parte porque dan mal sabor, pero también a causa de su uso en la elaboración de bebidas, preparación de alimentos y fabricación de textiles.

Los sabores y olores se deben a la presencia de sustancias químicas volátiles y a la materia orgánica en descomposición. Las mediciones de los mismos se hacen con base en la dilución necesaria para reducirlos a un nivel apenas detectable por observación humana.

El color del agua se debe a la presencia de minerales como hierro y manganeso, materia orgánica y residuos coloridos de las industrias. El color en el agua doméstica puede manchar los accesorios sanitario y opacar la ropa. Las pruebas se llevan a cabo por comparación con un conjunto estándar de concentraciones de una sustancia química que produce un color similar al que presenta el agua.

La turbidez además de que es objetable desde el punto de vista estético, puede contener agentes patógenos adheridos a las partículas en suspensión. El agua con suficientes partículas de arcilla en suspensión (10 unidades de turbidez), se aprecia a simple vista. Las fuentes de agua superficial varían desde 10 hasta 1.000 unidades de turbidez, y los ríos muy opacos pueden llegar a 10.000 unidades. Las mediciones de turbidez se basan en las propiedades ópticas de la suspensión que causan que la luz se disperse o se absorba. Los resultados se comparan luego con los que se obtienen de una suspensión estándar.

Características Químicas

Los múltiples compuestos químicos disueltos en el agua pueden ser de origen natural o industrial y serán benéficos o dañinos de acuerdo con su composición y concentración. Por ejemplo, el hierro y el manganeso en pequeñas cantidades no solo causan color, también se oxidan para formar depósitos de hidróxido férrico y óxido de manganeso dentro de las tuberías de agua.

Las aguas duras son aquellas que requieren cantidades considerables de jabón para producir espuma y también forma incrustaciones en tuberías de agua caliente y calderas. La dureza del agua se expresa en miligramos equivalentes de carbonato de calcio por litro.

Recordemos que el agua químicamente pura es la combinación de oxígeno e hidrógeno y puede obtenerse en laboratorios por el fenómeno de electrólisis y en la naturaleza durante las tormentas eléctricas.

5.2.2 Sistema de floculación y coagulación

Este sistema es esencial cuando se trata de partículas menores a 0.2 mm, donde se enfoca principalmente en la atracción entre las partículas suspendidas en el agua, esto se hace mediante mezclas lenta, media y rápida, formando (flóculos), de ahí el agua es trasladada a un depósito donde se sedimenta los sólidos, gracias a este proceso podemos minimizar la cantidad de partículas que se encuentra en el agua que no son visibles para el ojo humano. De acuerdo con el desarrollo de un sistema de floculación cloración como tecnología de punto de su especialmente en vías de desarrollo, este usa paquetes pequeños de productos químicos y equipo sencillos como cubetas y un filtro de paño para purificar el agua.

Coloides

Las especies coloidales halladas en aguas superficiales y residuales incluyen arcillas, sílice, hierro, metales pesados, color o sólidos orgánicos como por ejemplo residuos de animales muertos. Se han postulado diversas teorías para describir el fenómeno de las repulsiones entre partículas coloidales. Prácticamente, todo lo que se necesita para definir el sistema es la determinación de la naturaleza y la magnitud de la carga de la partícula.

Mezclado del coagulante

Para complementar la adición del coagulante se requiere del mezclado para destruir la estabilidad del sistema coloidal. Para que las partículas se aglomeren deben chocar, y el mezclado promueve la colisión. El movimiento browniano, movimiento caótico comunicado a las partículas pequeñas al ser bombardeadas por moléculas individuales de agua, está siempre presente como una fuerza homogeneizadora natural.

Crecimiento de los flóculos

Una vez que se ha añadido el coagulante y se ha realizado la operación de coagulación se pasa a la formación de flóculos mayores. Puede ocurrir que el floculó formado por la aglomeración de varios coloides no sea lo suficientemente grande como para asentarse con la rapidez deseada.

5.2.3 Prueba o ensayo de jarras

La prueba de jarras es una técnica que se realiza en el laboratorio para simular el proceso de floculación y coagulación del agua para determinar las dosis óptimas para cada jarra, dándonos a conocer la eficiencia adecuada a menores costos.

Esta simulación nos realiza el ajuste en el PH de cada muestra hasta llegar a los valores permisibles (generalmente entre 7.3 a 7.6).

Según (isa.ec), el equipo de prueba de jarras contiene cuatro o seis paletas de agitación que mezclan el contenido de envases, de volumen constante de uno o dos litros, a una misma velocidad de mezclado para todos los recipientes que es controlada por un medidor de revoluciones en RPM. Por lo general uno de los envases actúa como control, mientras que las dosificaciones de los otros tres o cinco (dependiendo el modelo) son diferentes. Se tiene un sistema de iluminación que permite observar de mejor manera los parámetros visuales que nos proporciona la prueba (como la formación de flóculos).

Procedimiento

Si requiere un volumen de 12 litros para esta prueba, se coloca 2 litros de muestra en cada uno de los seis recipientes.

- Se programa primero una mezcla rápida intensa y de corta duración aproximadamente 1 minuto seguida de una mezcla lenta de aproximadamente 25 minutos, al final se deja reposar por al menos 10 minutos sin mezcla.
- Se calcula las diferentes dosis a analizar y se coloca una dosis distinta en cada jarra, justo en el momento en el que comienza la mezcla rápida.
- Se enciende el programa secuencial y se observa el comportamiento de cada jarra.

- Al final del tiempo de reposo se observa el volumen de lodos generados.
- Se extrae una muestra del agua clarificada mediante la ayuda de las llaves que existen en cada jarra.
- Se analiza los parámetros que se consideren más representativos como pH, Turbidez, Temperatura, DQO, Fosfatos, etc., dependiendo del proceso que se esté analizando.

En la determinación de gradiente óptimo, se permite encontrar el gradiente de mezcla lenta que mejore resultados aporte en el proceso. Debido a que las seis paletas no pueden colocarse en rotación independientemente se requiere efectuar el ensayo jarra por jarra, dado el tiempo y dosis Óptima, por ello; se emplea la tabla de gradiente de velocidad Vs Velocidad de giro de la paleta

5.2.4 Planta Samanea Saman

La samanea saman es una especie nativa de la zona tropical americana, desde el sur de México hasta Perú y Brasil, la extensión que cubre su copa puede llegar a medir hasta 59 metro o más de diámetro y se utiliza como alimento para ganado por sus legumbres verdes y por sus semillas que son comestibles.

Figura 1: Planta Samanea Saman (Árbol de algarrobito).



Fuente: Tomada por CE photo, Uwe Aranas,

Taxonomía

Este majestuoso árbol conocido como saman, cuenta con una clasificación de los árboles y que pertenece a:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Subfamilia: Mimisoideae

Género: Mimosoideae

Especie: S, saman

Esta planta se ha utilizado medicinalmente contra dolores de cabezas y diarrea. Este tipo de árbol ayuda a el control de erosión, recuperación de suelos y para fijar el nitrógeno que sirve para leña. Esta especie de árboles también se le conoce con el nombre de “árbol de lluvia” porque cierra sus hojas cuando hay presencia de lluvia y el cielo se oscurece, esta alteración provocada que las flores abran y cierren sus pétalos.

Tabla 2. Condiciones naturales del crecimiento anual del samanea saman.

Clima y Suelo en condiciones naturales			¿Dónde crece mejor?		Factores limitantes
Pluviometría	600-2500 mm	Suelos	Arcilloso, aluvial	Dentro de los rangos mostrados aquí, crece mejor con precipitaciones por encima de 1000 mm y altitudes por debajo de 500 msnm. Aunque tolera arcillas pesadas (vertisoles) y suelos infértiles, crece mejor en suelos aluviales, fértiles y neutros a moderadamente ácidos. Igualmente prefiere buen drenaje pero tolera suelos estacionalmente inundados.	No tolera heladas, siendo 8°C la temperatura mínima absoluta que resiste. La pesada copa también es susceptible a daños por viento.
Estación seca	> 6 meses	Textura	Media a pesada		
Altitud	0-1500 msnm	pH	4.6-8.0		
T máx media mes más calido	24-35°C	Drenaje	Bueno o impedido		
T mín. media mes más frio	15-22°C				
T media anual	20-28°C				

Fuente: Tomada a partir de Fundesyram.infor

Las semillas de Samanea saman son de tamaño mediano, con varios tonos de marrón, el fruto de Saman es comestible; una vez abierto, se come una especie de miel dulce.

Figura 2: Corteza de la semilla y semilla del Samanea Saman.



Fuente: Tomada por Reinaldo Aguilar

5.2.5 Río Casacará (departamento del Cesar)

Según (Cesar), de acuerdo con el caudal disponible, se determinaron que el río cuenta con un caudal remanente de 667,83 L/s. esta fuente de agua abastece a muchos municipios, corregimientos y muchas fincas cercanas a este río, para las comunidades que consume agua que esta fuente de agua no está siendo tratada y puede ocasionando alteraciones en las personas, que pueden provocar enfermedades y molestias estomacales.

por su ubicación dentro del departamento del Cesar, son de gran importancia para sus municipios, puesto que se han convertido en fuentes abastecedoras de agua potable, recreacionales, usos agrícolas, ganadería y pecuarios en general. Sin embargo, estos ríos en algunos sectores son utilizados como puntos de descargas de desechos sólidos, aguas residuales domésticas y agroindustriales, provocando su degradación y contaminación. Así mismo, propician el desequilibrio de los ecosistemas y del medio ambiente, además de las implicaciones que esto puede tener en la salud de los asentamientos humanos aledañas a lo largo de toda su cuenca (Corpocesar, 2013).

Según (Romero borja, Luna Fontalvo, & barahona castillo, 2018), el río Casacara presentó la mayor concentración de coliformes totales (2419,2 NMP/100mL) en la estación E3 para el tiempo de sequía.

Mientras que en el periodo de lluvias fueron superiores las cuantificaciones de coliformes fecales (118,6NMP/100mL), enterococos fecales (20,6 NMP/100mL) y *P. aeruginosa* (6,4 NMP/100mL) registradas en la estación E2 y E4 respectivamente.

Por lo contrario, las estimaciones más bajas de coliformes totales (75,8 NMP/100mL) y coliformes fecales (2,2 NMP/100mL) se obtuvieron en la época de lluvias y las de enterococos fecales (2,6 NMP/100mL) y *P. aeruginosa* (1,5 NMP/100mL) en la temporada seca.

Este con puntos de bocatoma específico dentro de su trayecto extensa y está ubicado en la latitud:9.7427778 y longitud: -73.5888889, su coloración no es la adecuada y tiene muchas partículas suspendidas ósea su turbiedad es muy alta.

5.3 Marco conceptual

5.3.1 Conceptos básicos

5.3.1.1 Agua

El agua según (Fondo para la comunidad y la educación ambiental) es un compuesto que se forma a partir de la unión, mediante enlaces covalentes, de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno; su fórmula molecular es H₂O y se trata de una molécula muy estable.

En la estructura de la molécula los dos átomos de hidrógeno y el de oxígeno están dispuestos en un ángulo de 105°, lo cual le confiere características relevantes.

5.3.1.2 Agua cruda

En (rotoplas), nos informa que el agua cruda es aquella que no ha sido sometida a proceso de tratamiento. El propósito principal de un sistema de abastecimiento de agua es suministrar agua segura para el consumo humano. El grado de tratamiento y la combinación de los procesos de potabilización dependen de la fuente de agua y de su calidad, la cual varía según el contexto geográfico, hidro geográfico y económico, según se trate de una región agrícola, urbana o industrial.

5.3.1.3 Agua potable

Agua potable es el agua que podemos consumir o beber sin que exista peligro para nuestra salud. El agua potable no debe contener sustancias o microorganismos que puedan provocar enfermedades o perjudicar nuestra salud. Por eso, antes de que el agua llegue a nuestras casas, es necesario que sea tratado en una planta potabilizadora.

5.3.1.4 Tratamiento

Es un conjunto de estructuras y sistemas de ingeniería en las que se trata el agua de manera que se vuelva apta para el consumo humano.

5.3.1.5 Proceso operativo

Según Fuente especificada no válida., los Proceso Operativo está dirigido a todo el personal involucrado en la gestión operativa de los contratos grandes y complejos. El equipo de administración de cuentas es responsable de cumplir con los procesos generales, del desarrollo de procedimientos de apoyo y herramientas locales para garantizar que se cumplan los requisitos de los clientes.

5.3.1.6 Coagulante químico

Son sales metálicas que reaccionan con la alcalinidad del agua, para producir un flóculo de hidróxido del metal, insoluble en agua, que incorpore a las partículas coloidales: - Alumbre $[Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O]$ - Sulfato férrico $[Fe_2(SO_4)_3 \cdot x H_2O]$ - Cloruro férrico $[FeCl_3 \cdot 6 H_2O]$.

5.3.1.7 Coagulante natural

Entre los coagulantes naturales están los de origen orgánico que se encuentran en ciertas plantas. Son de diversos tipos, incluyen semillas en polvo del árbol Moringa oleífera, tipos de arcilla tales como la bentonita, el polvo de pepas de durazno, las habas, penca de tuna y una de las más antiguas es la fariña obtenida de la planta conocida como mandioca o yuca (Okuda et al, 2001).

5.3.1.8 Olor y sabor

Es la impresión que causa un alimento u otra sustancia, y está determinado principalmente por sensaciones químicas detectadas por el gusto (lengua) así como por el olfato (olor).

5.3.1.9 Color

Es la impresión producida por un tono de luz en los órganos visuales, o más exactamente, es una percepción visual que se genera en el cerebro de los humanos.

5.3.1.10 Turbidez

Medida del grado de transparencia que pierde el agua o algún otro líquido incoloro por la presencia de partículas en suspensión.

5.3.1.11 Rendimiento

El rendimiento es el trabajo realizado por una máquina, en este caso podemos medir este rendimiento y así darnos cuenta como trabaja la planta si puede soportar o no el agua que tiene que potabilizar por hora.

5.3.1.12 Eficiencia

Es la capacidad de realizar y cumplir adecuadamente una función, para la referencia de la planta, lo vemos desde el punto de que cada uno del componente funciones y opere adecuadamente sin presentar fallar o inconsistencia.

5.3.1.13 Climatología

Es el conjunto de las condiciones atmosféricas propias de un determinado clima, pueden ver variaciones y sus cambios y las causas del clima.

5.3.1.14 Topografía

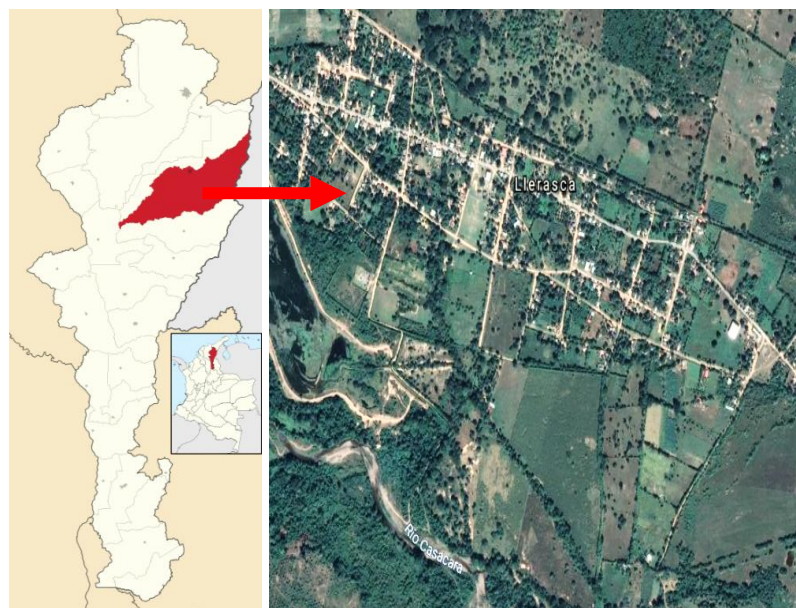
La topografía estudia la representación gráfica de la superficie terrestre o el relieve del terreno.

5.4 Marco contextual

Según (Dane, 2018), el Corregimiento de Llerasca, jurisdicción del Municipio de Agustín Codazzi – cesar, con una población promedio de 1,310 habitantes y un área: 1.11 km² - Densidad: 980.9 / km². Su relieve y posición geográfica determinan su clima, como resultado va desde un clima cálido a orillas del río magdalena y llanuras centrales, hasta la parte fría de la sierra nevada de santamarta y la serranía de los motilones.

El río casacara del corregimiento de Llerasca, está ubicada en las coordenadas, (Latitud: 9°51'6.93"N; Longitud: 73°12'39.40"O).

Figura 3: Localización geográfica del Corregimiento de Llerasca.



Fuente: Tomada a partir de Google Earth, 2020, ajustada por autores.

5.5 Marco legal

A continuación, se encuentra una lista de las normativas, entre otros que no especifican la normativa actual colombiana referente al agua, la calidad de esta misma y los derechos fundamentales de todo colombiano.

Tabla 3. Contenido del Marco Legal.

TEMATICA	NORMATIVA	CONTENIDO
	Artículos	Descripción
Agua	CPC (Constitución Política Colombiana), artículo 366.	Será objetivo fundamental de su actividad la solución de las necesidades insatisfechas de salud, de educación, de saneamiento ambiental y de agua potable.
	Ley 142 de 1994	Establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios, así como de actividades que realicen las personas que los presten.
	Ley 373 del 6 de junio de 1997, modificada por la Ley 812 de 2003	Todo plan ambiental regional y municipal debe incorporar obligatoriamente un programa para el

		uso eficiente y ahorro del agua.
	Decreto 1594 de junio de 1984, artículo 4.	Los criterios de calidad establecidos en el presente Decreto, son guías para ser utilizados como base de decisión en el ordenamiento, asignación de usos al recurso y determinación de las características del agua para cada uso.
	Decreto 475 del 16 de marzo de 1998, artículo 3.	El agua suministrada por la persona que presta el servicio público de acueducto, deberá ser apta para consumo humano, independientemente de las características del agua cruda y de su procedencia.
	Decreto 1575 Del 9 de mayo de 2007, artículo 1.	establecer el sistema para la protección y control de la calidad del agua, con el fin de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo, exceptuando el agua envasada.

	Decreto 1090 del 28 de junio de 2018, el cual reglamenta la ley 373 de 1997.	Decreto único reglamento del sector ambiental y desarrollo sostenible, en lo relacionado con el programa para el uso eficiente y ahorro de agua y se dicta otras disposiciones.
	Resolución 240 del 8 de marzo del 2004	Establece la inversión para el estudio de investigación básica y aplicada sobre el recurso hídrico encaminados a la elaboración de balances hídricos, evaluación de la calidad del recurso y desarrollo del catastro de usuarios.
	Resolución 2115 de 2007	Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.
	NTC (Normativa Técnica Colombiana) - 813	Establece los requisitos físicos, químicos y microbiológico que debe cumplir el agua potable.
	GTC (Guía Técnica Colombiana) – 109 del 2004	Usos del agua y residuos líquidos.

Planta de tratamiento de agua potable	Decreto 050 del 2018	Por medio de la cual se adoptan unos formularios para la práctica de visitas de inspección sanitaria a los sistemas de suministro de agua para consumo humano.
	Resolución 0082 del 2009	Por lo cual se establece los parámetro y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpo de agua marina, y se dicta otras disposiciones.
	Resolución 0883 del 2018	señalar los requisitos técnicos que deben cumplir los diseños, las obras y procedimientos correspondientes al Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico y sus actividades complementarias.
	Ras - 2000	Calidad del agua. muestreo. muestreo de aguas residuales.

Fuente: Constitución Política de Colombia, Decretos Nacionales, Resoluciones Nacionales, Ras, NTC y GTC.

6. HIPOTESIS

Si el *Samanea Saman* (*algarrobillo*) tiene propiedades coagulantes, entonces puede usarse en el tratamiento de las aguas crudas del río Casacara con eficiencias de remoción iguales o mejores que las del sulfato de aluminio, los parámetros tales como turbiedad, PH, alcalinidad, sólidos suspendidos, temperatura, disueltos y totales.

7. DISEÑO METEODOLOGICO

El siguiente estudio tiene como propósito de evaluar la eficiencia de la vaina y savia del *samanea saman* como coagulante para tratar las aguas crudas, en este caso se escogió el rio casacara para realizar dicha evaluación.

la metodología que se implementará para determinar las propiedades físico químicas se basa en la aplicación del “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”.

7.1 Línea y sub-línea de la investigación

Para este proyecto la línea de investigación en la que se enfoca es de Sostenibilidad y Gestión Ambiental, que consiste en tener un equilibrio adecuado para el de desarrollo económico, crecimiento de la población, por ende, la sub-línea es la gestión integral del recurso hídrico, que es el desarrollo sostenible para el manejo de agua de consumo humano, uso racional de los recursos y protección y conservación ambiental.

7.2 Tipo de investigación

La investigación fue experimental de tipo correlacional porque son los encargados de explicar porque ocurre uno o más fenómenos, las condiciones en las que este fenómeno se presenta y las variables que se puedan relacionar (Hernandez, Baptista, & Fernandez, 2013), esto que se presentan en la comunidad por consecuencias que hace referencia a los problemas de potabilización.

El estudio se realizó en un periodo cercano a los 4 meses, donde por medio de la experimentación de varias dosis del coagulante en muestras de agua con turbideces representativas del periodo seco y de lluvia del Río Casacará, en la que se hizo una evaluación

estadística de la actividad coagulante y la remoción de turbidez de las semillas del árbol *campano* investigación llevada a cabo por medio del método experimental utilizando para su análisis tratamientos estadísticos estándar.

7.3 Nivel de investigación

Este estudio, como se mencionó, es de nivel experimental y de campo, debido a que son necesarias conocer las características, causas y las variables del problema que determinaran la magnitud de la investigación, aquí predomina los análisis de tipo cualitativo, en base a fuentes documentales, y se limita a una de las tres funciones científicas: describir, explicar y predecir.

7.4 Población

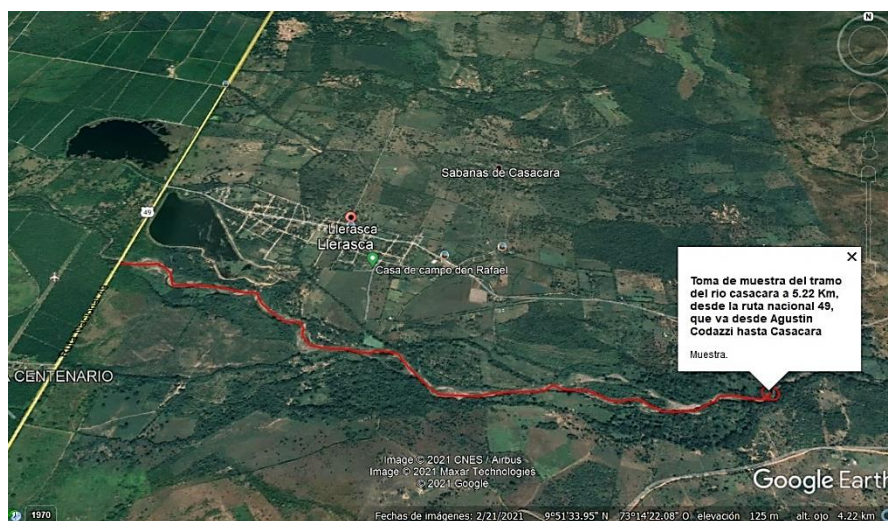
La población va a ser las aguas del río Casacará que benefician a las veredas Ave María, Carrizal, corregimiento Casacara y principalmente Llerasca, la cual está compuesta con alrededor de 1310 habitantes y puede implementarse a futuro en otros lugares y este proyecto puede implementarse en cualquier lugar que se desee utilizar.

7.5 Muestra

La muestra fue tomada en un tramo del río Casacará, en el kilómetro 5.22, que inicia desde la ruta nacional 49, que es la vía de va desde Agustín a Codazzi hacia Casacará. De la muestra se utilizarán 48 litros de agua, en lo que se tomarán 18 litros para cada tratamiento de 3 repeticiones y 12 litros donde de eso se tomarán 6 litros serán para el sulfato de aluminio y 6 litros para el

sulfato ferroso. Esto con la finalidad de analizar en las dos épocas del año los cambios fisicoquímicos de turbiedad, pH, temperatura, solidos suspendidos totales, etc.

Figura 4: Localización geográfica del tramo de la muestra del río de Casacará en el Corregimiento de Llerasca.



Fuente: Tomada a partir de Google Earth, 2021, ajustada por autores.

7.5.1 *Recolección de las muestras*

El agua utilizada para el desarrollo de las pruebas de jarra fueron tomadas en el río Casacará en el kilómetro 5.22, debido a que el río presenta dentro de sus características diferentes turbidez en el transcurso del año, el muestreo inicial se tomó en el cuarto mes del año, caracterizado por ser un periodo seco en el que se toman muestras con turbidez más bajas y el segundo muestreo fue tomado durante el octavo mes del año caracterizado por ser un periodo de lluvias logrando muestras con turbidez más alta.

Para desarrollar un ensayo fue necesario la utilización de 6 Becker de 800ml, utilizando en total 6.4 litros de agua por prueba, aunque como cada ensayo ejecutado requiere de una

réplica, en total fueron requeridos 12.8 litros netos de agua por muestra. Para facilitar el estudio y para evitar riesgos en la toma de muestras de agua se emplean dos canecas pequeñas con una capacidad aproximada a los 10 litros.

7.5.2 Características iniciales de las muestras de agua

Por medio de la utilización de un turbidímetro (Thermo Orion AQ3010) y pH-metro (SI Analytic – Lab 865), se pudo medir la turbidez y el pH de las muestras de agua recolectadas, de forma inmediata fueron ingresadas al laboratorio.

7.5.3 Conservación de las muestras de agua

Los ensayos generalmente se realizaron al día siguiente en que se tomaron las muestras de agua, debido a eso se dejaron las canecas de agua a temperatura ambiente en el lugar donde se realizó el estudio. Al desarrollar las pruebas de jarra, las canecas de agua se agitaron vigorosamente con el propósito de que la muestra de agua se homogenicen toda vez que los sólidos suspendidos de mayor tamaño se precipitaban.

7.6 Coagulante natural

7.6.1 Obtención de las vainas

Las vainas empleadas en la realización de los ensayos fueron recogidas en las zonas periféricas del municipio de Codazzi. En esta parte del trabajo de campo se tomaron solo las que presentaban un color marrón uniforme, lo cual indica la madurez de la misma, es importante

mencionar que al ser un árbol de gran altura se dificulta la recolección de las mismas, aunque muchas de estas caen al suelo.

7.6.2 Conservación del coagulante natural

El coagulante natural fue conservado en el matraz aforado en el que se preparó, después de cada ensayo realizado se guardó a temperatura ambiente. Cada vez que se empleó se tuvo la precaución de agitarlo fuertemente por dos minutos toda vez que el extracto del fruto se precipitaba al fondo.

7.7 Diseño experimental

El factor analizado en el diseño experimental aleatorio es la eficiencia de las dosis de 30, 50, 100, 150 ppm en muestras de agua cruda recolectadas en el Casacará del municipio de Codazzi, por medio de la utilización de la prueba de jarra, siendo necesario por buena praxis de laboratorio replicar cada uno de los ensayos realizados. Con el fin de hacer una evaluación efectiva de la actividad coagulante del polvo seco de las vainas, se tuvo que dejar una jarra de blanco en cada ensayo realizado toda vez que la muestra de agua por el tiempo designado de sedimentación disminuye de forma considerable su turbidez.

Las dosis fueron seleccionadas teniendo en cuenta las implementadas en la investigación valoración de la eficiencia de las semillas del árbol cassia (Prasca y Vergara, 2017) en la cual obtuvieron una remoción de turbidez superior al 90% con las dosis de 30 y 50 ppm, para una turbidez inicial de 6.24 y 38.33 UNT respectivamente. Toda vez que en esta investigación se

trabajó con turbidez iniciales con rangos entre los 6 y 39 UNT se optó por ampliar el rango de las dosis hasta los 150 ppm.

Con el propósito de realizar un correcto análisis estadístico de los datos, fue empleada la función “Análisis de datos” del programa de office Excel, con un nivel de significancia establecido en $p < 0,05$.

7.7.1 Test de Jarras

Se utilizará un Floculador E&Q modelo F6-330, para llevar a cabo el proceso de coagulación – floculación, empleando una mezcla rápida a 200 rpm, durante 1 minuto y una mezcla lenta a 40 rpm, durante 20 minutos. Las muestras se sedimentaron en un tiempo determinado de 30 minutos y posteriormente se les medirá la turbidez residual con un Turbidímetro HACH 2001P o similar.

En cada ensayo de “test de jarras” se empleó un blanco para la verificación de la actividad del coagulante natural y la remoción de turbidez, las cuales fueron calculadas a partir de las siguientes ecuaciones.

$$\% \text{Actividad Coagulante} = \frac{\text{Turbidez residual}_{\text{blanco}} - \text{Turbidez residual}_{\text{muestra}}}{\text{Turbidez residual}_{\text{blanco}}} * 100$$

$$\% \text{Remoción} = \frac{\text{Turbidez inicial} - \text{Turbidez final}}{\text{Turbidez inicial}} * 100$$

Nota: a las muestras obtenidas en el desarrollo del ensayo “test de jarras”, se les realizó una réplica con el propósito de verificar la praxis.

7.7.2 Equipos y materiales utilizados

- 7 jeringas de 5ml desechables
- 8 beaker plásticos de 200ml
- 8 beakers de 800ml
- Auxiliar de pipeteado
- Balanza de precisión de 0,1gr
- Medidor de pH
- Pipetas
- Reloj de cronometro
- Un agitador de 6 seis paletas, (Floculador digital E&Q), con variación de velocidad entre 0 y 300rpm.
- Un matraz aforado
- Un turbidímetro (Thermo Orion AQ3010)

7.7.3 Paso a paso procedimiento experimental

Tabla 4: Paso a paso procedimiento experimental

ÍTEM	PASO	DESCRIPCIÓN
1	Agitación de la caneca	Agitar fuertemente la caneca que contiene la muestra de agua para homogenizarla.
2	Medición inicial	Se miden las características iniciales de la muestra como turbidez y PH
3	Llenado de los beakers	Se llenan los beakers de 800 ml con la muestra de agua, para luego montarlos en el agitador, constatando que las paletas queden bien centradas en cada uno de los beakers.
4	Arranque del agitador	En este paso se pone en marcha el agitador a una velocidad de 200 rpm y posteriormente se agregan conjuntamente las dosis previamente establecidas para

		cada uno de los beakers apoyados por jeringas, teniendo en cuenta que se debe dejar una jarra sin dosis.
5	Disminución de velocidad del agitador	Contado un minuto de agitación a 200 rpm, se baja la velocidad de agitación a 40 rpm durante 20 minutos.
6	Apagado del agitador	Posterior a los 20 minutos se apaga el agitador y se espera el tiempo de sedimentación determinado de 30 minutos.
7	Sacar muestras de agua	Posterior al tiempo de sedimentación se procede a sacar las muestras de agua de los beakers, para la medición de las características finales de las muestras (turbidez y pH).
8	Registro de lecturas	Una vez tomadas las lecturas, estas se deben registrar en la tabla diseñada en formato Excel.

Fuente: autores.

7.8 Procedimiento

7.8.1 Etapa 1: Caracterización fisicoquímica del agua.

Para la caracterización del agua cruda se determinaron parámetros fisicoquímicos como turbidez, PH, temperatura y alcalinidad para dos tipos de muestras simples en condiciones diferentes: Estos parámetros mencionados anteriormente se analizaron antes y después del proceso de coagulación para evaluar la eficiencia del samanea saman como coagulante natural. Se realizaron tres replicas por cada tratamiento y se trabajó con valores promedio. Los estudios y análisis para la determinación del comportamiento de su turbidez ante la presencia del coagulante obtenido a partir de la vaina y savia del algarrobo se llevaron a cabo en el laboratorio días después de tomadas las muestras.

7.8.2 Etapa 2: Extracción del coagulante.

El proceso descrito a continuación se adaptó del manual técnico para la elaboración de coagulante/floculantes a partir de productos naturales (Murillo, Sergio, Pacheco. – 2020).

- **Extracción del polvo de la vaina y savia del samanea saman:** para la preparación del polvo se utilizó un molino triturador para pulverizar las vainas previamente secas en el horno a 45°C hasta obtener partículas finas y luego fueron tamizadas en un tamiz con una apertura de 180 Mic.
- **Solución madre:** luego se preparó la solución salina agregando 10.7 gr de NH_4Cl (cloruro de amonio) por 200 ml de agua. Esta solución se removió por 20 minutos con un agitador magnético para homogenizar la distribución del NH_4Cl .
- **Preparación y extracción del extracto del coagulante:** la solución madre de samanea saman con NH_4Cl se obtuvo extrayendo el componente activo de la vaina y savia del algarrobo usando como solvente el cloruro de amonio (NH_4Cl), brevemente se añadió 5 gr del polvo del samanea saman en 200 ml de solución de cloruro de amonio (NH_4Cl); posteriormente se removió durante 10 minutos con agitador magnético a 60 rpm.

7.8.3 Etapa 3: Comportamiento del coagulante en cada uno de los tratamientos usados en el estudio para la remoción de la turbidez del agua cruda

Los ensayos de coagulación y floculación se realizaron con el procedimiento estándar de prueba de jarras; en cada ensayo se varió la dosis de los tratamientos los cuales corresponden a 30, 50, 100, 150 ppm (tabla 5). Se removió durante tres minutos con un removedor magnético a 120 rpm para estimular el componente activo. Inmediatamente se bajó la velocidad de remoción

a 60 rpm durante 10 minutos floculados, para tener una distribución homogénea. Finalmente se dejó reposar para tomar mediciones en 30 minutos de sedimentación.

La turbiedad inicial (Tb_0) y turbiedad final (Tb_f) se midieron en unidades nefelométricas de turbidez (NTU) con un turbidímetro previamente calibrado, igualmente se siguió el comportamiento de la alcalinidad, PH y temperatura para cada tratamiento. Estos datos serán recolectados en tablas como la mostrada a continuación donde se puede observar fácilmente los parámetros analizados.

Comportamiento a analizar del coagulante natural obtenido a partir de la vaina y savia del samanea saman en los tratamientos usados en el estudio para el tratamiento de agua turbia con un estimado de 30 minutos de sedimentación.

Tabla 5: Comportamiento del coagulante

CcMO, CcNH ₄ Cl, ScMO, ScNH ₄ Cl					
	Tb ₀ NTU		Alcalinidad mg/l CaCO ₃	PH	Temperatura °C
Militros de solución (ml/L)	Dosis de coagulante (ppm)	30 MIN (Tb _f)			
3 ml	30 ppm	-	-	-	-
5 ml	50 ppm	-	-	-	-
10 ml	100 ppm	-	-	-	-
15 ml	150 ppm	-	-	-	-

Fuente: autores

Tabla 6: Determinación de la Dosis óptima para la muestra tomada en verano.

Jarras	Dosis de Coagulante (ppm)	Volumen de Coagulante (ml)	Turbiedad inicial (NTU)	Turbiedad final (NTU)	% Remoción
1	30	3	6.24	1.28	79.38
2	50	5	6.24	2.18	65.03
3	70	7	6.24	2.75	55.86
4	100	10	6.24	3.56	42.37
5	150	15	6.24	4.28	31.47

Fuente: autores

Tabla 7: Determinación de la Dosis óptima para la muestra tomada en invierno.

Jarras	Dosis de Coagulante (ppm)	Volumen de Coagulante (ml)	Turbiedad inicial (NTU)	Turbiedad final (NTU)	% Remoción
1	30	3	38.33	6.94	81.9
2	50	5	38.33	3.8	90
3	70	7	38.33	7.48	80.49
4	100	10	38.33	11.95	70.65
5	150	15	38.33	14.63	61.82

Fuente: autores

8. ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Para determinar la eficiencia en reducción de turbiedad de diferentes métodos de extracción del coagulante de samanea saman, así como la factibilidad de la adición de otros compuestos que pueden favorecer los procesos de coagulación, se compararon los resultados considerando los métodos de extracción, la adicción de cloruro de amonio y las distintas dosis del coagulante natural, también se tuvieron en cuenta otros factores como el PH, alcalinidad y la temperatura. Las dosis utilizadas para cada turbiedad fueron las mismas las cuales variaban de 3 ml a 15 ml en cada tratamiento utilizado.

8.1 Aplicación del diseño experimental

Se aplicó un diseño experimental para determinar cuál fue el mejor tratamiento en la remoción del parámetro de las aguas crudas del río Casacará, como se presentó anteriormente se implementa un diseño completamente al azar utilizando el modelo de Tukey con una confianza del 95%. Se presenta el resultado y análisis de varianza de los tratamientos según el parámetro.

8.2 Condiciones iniciales

En las siguientes tablas (8,9) se muestran los parámetros y métodos usados con los respectivos resultados para las condiciones iniciales de las muestras, en los días en que se presentaron variaciones representativas de los parámetros estudiados debido a las precipitaciones.

Tabla 8: Muestra 1 condiciones iniciales para una turbiedad de 6.24 NTU

Parámetro físico-químico	Método analítico	Unidades	Resultados
Turbidez	Espectro fotométrico	NTU	6.24
PH	pH metro	pH	5.71
Alcalinidad	Pipeta digital	Mg/l CaCO ₃	4
Temperatura	Termometría	°C	19.3

Fuente: autores.

La tabla 8 nos muestra los parámetros iniciales estudiados para el agua cruda del río Casacara con una turbiedad de 6.24 NTU, siendo esta la primera muestra tomada en tiempo seco según IDEAM, considerada una turbiedad baja, pH básico, alcalinidad por debajo de la norma (resolución 2115 de 2007) y temperatura ambiente.

Tabla 9: Muestra 2 condiciones iniciales para una turbiedad de 38.33 NTU

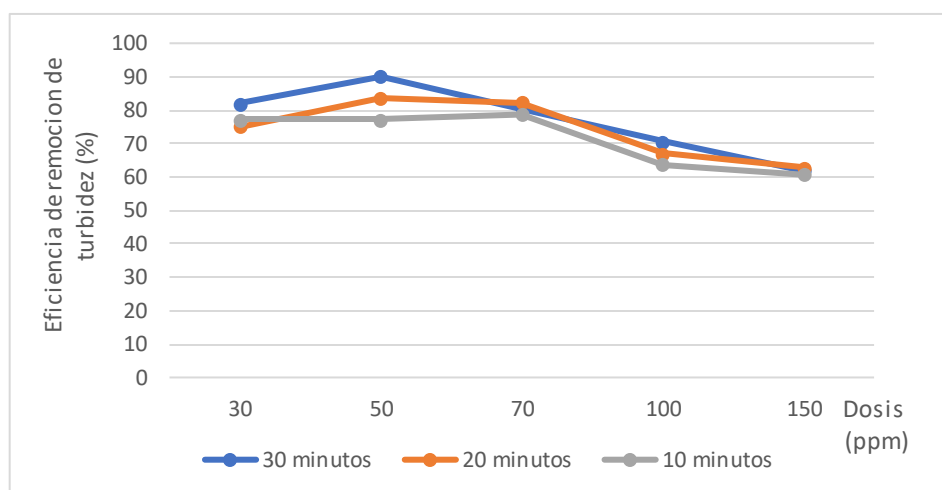
Parámetro físico-químico	Método analítico	Unidades	Resultados
Turbidez	Espectro fotométrico	NTU	38.33
PH	pH metro	pH	6.66
Alcalinidad	Pipeta digital	Mg/l CaCO ₃	1.2
Temperatura	Termometría	°C	22.4

Fuente: autores.

Esta muestra tiene una turbiedad de 38.33 NTU, fue tomada en tiempo lluvioso, para esta investigación es considerada como una turbiedad baja, los parámetros de temperatura, pH y alcalinidad a pesar de que el tiempo cambio de seco a lluvioso son muy parecidos a los de la turbiedad inicial (6.24 NTU), conservando un pH básico, temperatura ambiente y alcalinidad muy por debajo de la norma.

8.3 Comportamiento de las dosis de los tratamientos con distintos tiempos de sedimentación.

Figura 5: Comportamiento de las dosis de CcMo en distintos tiempos de sedimentación para una turbidez de 38.33 NTU.

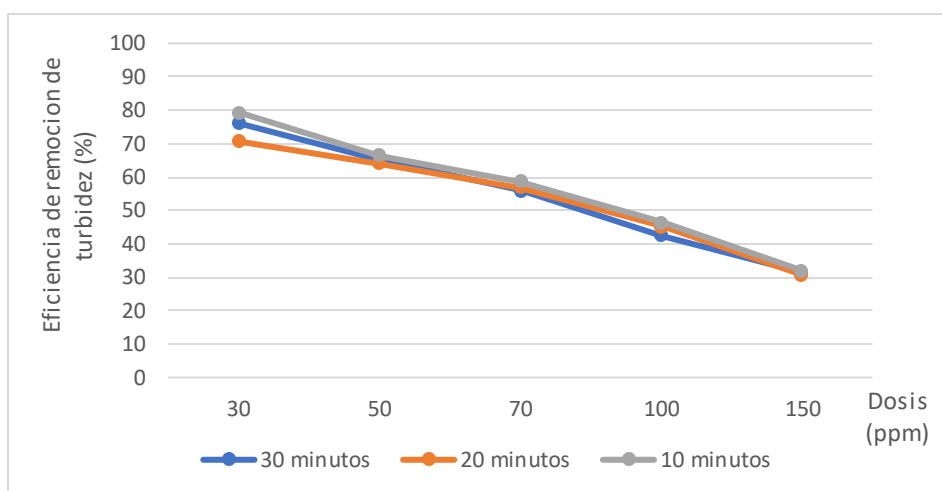


Fuente: elaboración propia.

Las remociones de la turbidez para el parámetro CcMo con una turbiedad de 38.33 NTU fueron superiores al 60%, en cualquiera de las dosis de coagulante, sin embargo existen diferencias en el porcentaje de remoción con respecto a cada tiempo de sedimentación, alcanzando una remoción mínima de 60.65% a los 10 minutos de sedimentación y una máxima de 90% a los 30 minutos de remoción esto con la dosis de 50 ppm; al observar la figura 5 es posible apreciar que la dosis de 150 ppm se llega a un punto muy similar en cuanto a la remoción

en los 3 tiempos de sedimentación, los cuales oscilan entre 60,65% y 62,9% de remoción. Aunque se logra remover el 90% en este tratamiento, la turbiedad mínima alcanzada es de 3.82 NTU por lo tanto no cumple con lo establecido por la norma (resolución 2115 del 2007) que corresponde a 2 NTU, sin embargo, se debe tener en cuenta que después de la coagulación y floculación existen procesos físicos como la filtración que puede ayudar a disminuir más esta turbidez.

Figura 6. Comportamiento de las dosis de CcMo en distintos tiempos de sedimentación para una turbiedad de 6.24 NTU.



Fuente: elaboración propia.

Las remociones de la turbiedad para el parámetro CcMo con una turbiedad de 6.24 NTU fueron superiores al 30%, en cualquiera de las dosis de coagulante, sin embargo existen diferencias en el porcentaje de remoción con respecto a cada tiempo de sedimentación, alcanzando una remoción mínima de 30.72% a los 20 minutos de sedimentación y una máxima de 79.38% a los 10 minutos de remoción esto con la dosis de 30 ppm; observando la figura 6 es posible apreciar que la dosis de 150 ppm se llega a un punto muy similar en cuanto a la remoción en los 3 tiempos de sedimentación, los cuales oscilan entre 30.72% y 32.02% de remoción.

Aunque se logra remover el 79.38% en este tratamiento, la turbiedad mínima alcanzada es de 1.28 NTU cumpliendo con lo establecido por la norma (resolución 2115 del 2007) que corresponde a 2 NTU, sin embargo, se debe tener en cuenta que después de la coagulación y floculación existen procesos físicos como la filtración que puede ayudar a disminuir más esta turbidez.

8.4 Comparación de los resultados fisicoquímico con la normatividad colombiana vigente para el agua potable.

En las siguientes tablas (10 y 11) se puede observar las características fisicoquímicas del agua cruda, remoción de la misma y si cumple o no con los valores límites permisibles establecidos en la resolución 2115 del 2007 para el coagulante natural a base de *samanea saman*.

Tabla 10. Parámetros fisicoquímicos tenidos en cuenta para el agua cruda para la muestra con turbidez de 38,33 NTU en comparación con la resolución 2115 del 2007

Comparación con la resolución 2115 del 2007				
Parámetro	Pretratamiento	Postratamiento	Remoción alcanzada (%)	Lo que estipula la norma
PH	6.66	6.87	-	6.5-9.0
Temperatura (°C)	22.4	22.4	-	-
Alcalinidad (mg/lit)	1.2	0.48	-	200
Turbiedad (NTU)	38.33	3.82	90	2

Fuente: elaboración propia.

Tabla 11: Parámetros fisicoquímicos tenidos en cuenta para el agua cruda para la muestra con turbidez de 6.24 NTU en comparación con la resolución 2115 del 2007

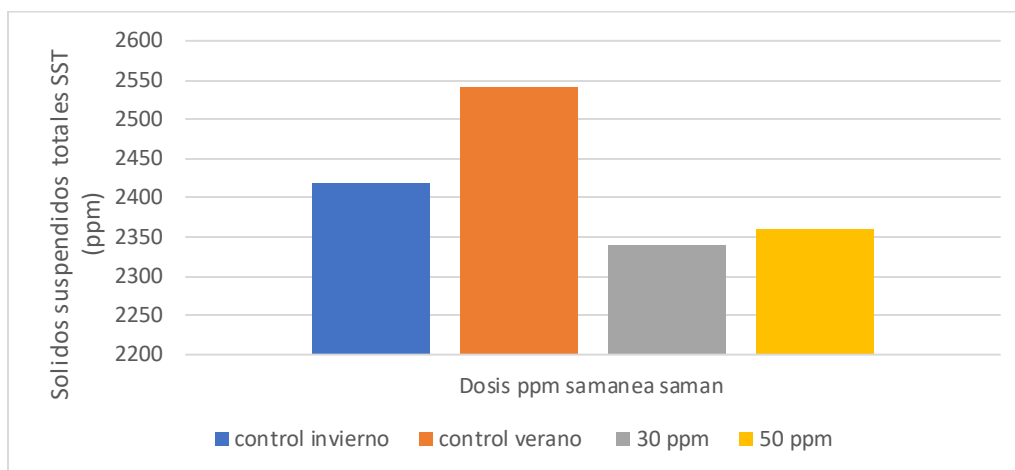
Comparación con la resolución 2115 del 2007				
Parámetro	Pretratamiento	Postratamiento	Remoción alcanzada (%)	Lo que estipula la norma
PH	5.71	6.51	-	6.5-9.0
Temperatura (°C)	19.3	19.3	-	-
Alcalinidad (mg/lit)	4	0.48	-	200
Turbiedad (NTU)	6.24	1.28	79.38	2

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en las tablas 10 y 11 el coagulante natural a base de samanea saman cumple con la resolución 2115 del 2007 en casi todos los ítems, por lo que se espera que luego del tratamiento siga manteniendo la eficiencia en las dosis aprobadas.

8.5 Sólidos suspendidos totales (SST)

Figura 7. Eficiencia del samanea saman en el parámetro de SST.

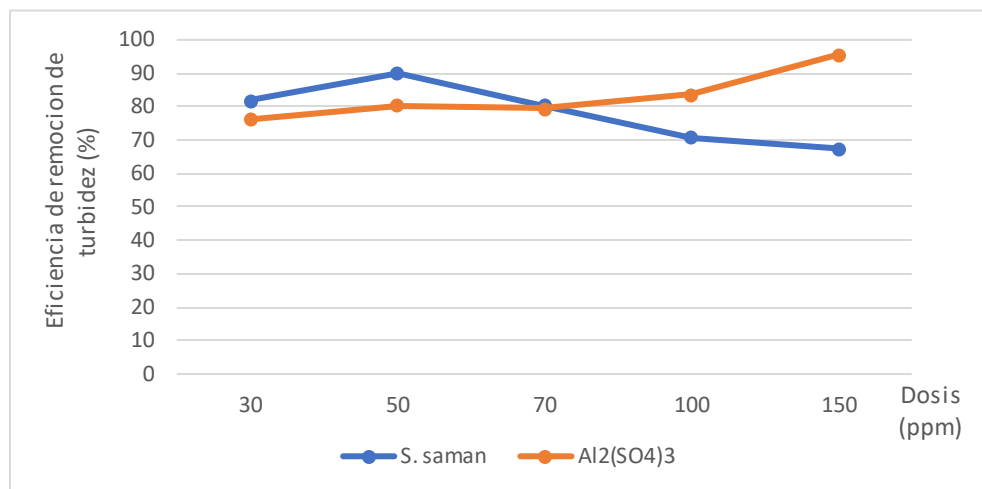


Fuente: elaboración propia.

Analizando la figura 7 se observa cómo se presenta una alta remoción de sólidos por parte de ambas dosis, aunque se puede apreciar una leve mejor eficiencia en la dosis de 30 ppm de coagulante natural con un valor de sólidos suspendidos totales de 2340 ppm y un porcentaje de eficiencia de 96.7, mientras que la muestra de 50 ppm obtuvo un porcentaje de remoción de sólidos de un 92.9; cabe resaltar que la concentración inicial presentada en el agua cruda en tiempo de invierno es mayor que la presentada en tiempo de verano con una concentración de 2540 ppm y está al ser tratada con el coagulante natural a base de samanea saman obtuvo una concentración de 2360 ppm lo que nos indica que el algarrobo es un buen coagulante para remover SST en aguas crudas.

8.6 Eficiencia del samanea saman en comparación con el sulfato de aluminio

Figura 8. Comparación del samanea saman Vs el sulfato de aluminio (turbiedad)



Fuente: elaboración propia.

Como se muestra en la figura 8 la mejor eficiencia del *s. saman* fue de 90% con una dosis de 50 ppm, en la cual se presentó la dosis óptima, haciendo una comparación con los resultados presentados con el sulfato de aluminio este presentó una remoción del 95.6% con una dosis de 150 ppm, dicha remoción fue mayor que la del coagulante natural y aun así el Al₂(SO₄)₃ utiliza una mayor concentración para alcanzar dicha remoción, lo que nos indica que el samanea saman es un buen coagulante para este tipo de aguas.

CONCLUSIONES

- El coagulante natural de samanea saman para el tratamiento de agua cruda se potencializa usando como solvente el cloruro de amonio (NH_4Cl), debido a la relación entre los rendimientos más altos y la presencia de este solvente.
- El coagulante a base de algarrobo puede ser usado para el tratamiento de aguas crudas en áreas rurales donde no existe tratamiento del agua.
- Las dosis óptimas para los parámetros de estudio fue la concentración de 30 y 50 ppm de S. saman NH_4Cl para las turbiedades de 6.24 y 38,33 NTU respectivamente, con un porcentaje de remoción de 79.38 % y 90% , lo que quiere decir que de los tratamientos la concentración de 50 ppm obtuvo los mejores rendimientos.
- El samanea saman como coagulante natural presenta las características suficientes debido a que no es toxico y biodegradable, además interacciona con varios contaminantes incluyendo partículas y sustancias disueltas, para poder sustituir el uso de sales inorgánicas y polímeros sintéticos en el tratamiento de aguas crudas.
- Las distintas variables influyen significativamente en el rendimiento del coagulante natural en el agua cruda ya que, en las diferentes variables con el tiempo de sedimentación, la dosis del coagulante y la presencia o no de NH_4Cl , presenta un mayor rendimiento o menor dependiendo de las variables utilizadas.

RECOMENDACIONES

- El *Samanea Saman* como coagulante y como coadyuvante en el proceso de la coagulación puede ser contemplado como una opción en las plantas de tratamiento de aguas naturales convencionales del país en donde la turbiedad inicial del agua sea baja.
- Realizar investigaciones con los lodos obtenidos del proceso de coagulación y floculación con el samanea saman y compararlos con los lodos obtenidos con el sulfato de aluminio con el fin de observar cual lodo es mejor para futuros usos.
- Realizar investigaciones con el samanea saman con algunas modificaciones de PH a la muestra con el fin de observar el mejor comportamiento del coagulante natural en este tipo de aguas.
- Utilizar el cloruro de amonio como ayudante de coagulación.
- Se recomienda siempre en lo posible utilizar vainas de *Samanea Saman* frescas ya que es un elemento de origen orgánico y es susceptible a la biodegradación.

BIBLIOGRAFÍA

- Castellanos, F. L. (2017). REVISIÓN DEL USO DE COAGULANTES. Bogota: <https://repository.unimilitar.edu.co/>. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/17102/CastellanosPinzonFredyLeonardo2017.pdf;jsessionid=DEB8810BEE27517DE02F4DC63470BEF3?sequence=1>
- Cesar, C. A. (s.f.). PROYECTO DE REGLAMENTACIÓN DE LA CORRIENTE PUBLICA DENOMINADARIO “CASACARÁ”.
- Dane. (2018). Corregimiento de Llerasca. Obtenido de <https://www.citypopulation.de/php/colombia-cesar.php?cityid=20013003>
- Entrerios. (8 de febrero de 2015). Instructivo para la Toma de Muestra de Agua. Obtenido de <https://www.entrerios.gov.ar/>: https://www.entrerios.gov.ar/oser/leyes/Instructivo_para_la_Toma_de_Muestra_de_Agua.pdf
- Espinosa Otalora, R. D., & Zuluaga Orjuela, S. (2018). EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE DOS COAGULANTES NATURALES. Bogota: Universidad El Bosque. Obtenido de https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/3319/Espinosa_Ot%3%A1lora_Rub%C3%A9n_Dar%3A_Do_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Fandiño Mican, M. C., & Gonzalez Leyva, J. K. (2018). EVALUACIÓN DE LA SEMILLA DE MORINGA COMO COAGULANTE EN AGUAS. Bogota: UNIVERSIDAD DE LA SALLE. Obtenido de https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1736&context=ing_ambiental_sanitaria

Feria, J., Altamiranda, J., & Soto, C. (2020). Uso de semillas de *Tamarindus indica* como coagulante. Sincelejo: <https://www.revistaespacios.com/>. Obtenido de <https://www.revistaespacios.com/a20v41n38/a20v41n38p17.pdf>

Fondo para la comunidad y la educación ambiental. (s.f.). Obtenido de <https://agua.org.mx/ques/>

Gonzalez, G., Chavez, M., Mejia, D., Marielba MAS y Rubi, Fernandez, N., & Leon de Pinto, G. (2006). Uso de chicle exudado producido por *Samanea saman* en la potabilización del agua. (Vol. 29). Maracaibo, Venezuela: Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702006000100003&lang=es

Guzman, L., Villabona, A., Tejada, C., & Garcia, R. (2013). REDUCCIÓN DE LA TURBIDEZ DEL AGUA USANDO COAGULANTES NATURALES: UNA REVISIÓN (Vol. 16). Bogota, Colombia: Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262013000100029

isa.ec. (s.f.). prueba de jarras. Obtenido de <https://www.isa.ec/index.php/va-viene/entry/prueba-de-jarras>

Jimenez Salazar, S., Monsalvo Rojas, G., & Moron Carrillo, Y. (2016). Uso de coagulantes organicos e inorganicos en el proceso fisico-quimico coagulacion-floculacion del afluyente de un sistema lotico. Valledupar, Colombia. Recuperado el febrero de 2020

Laboratorio de Investigaciones Ambientales del Núcleo Costa Oriental del Lago (LIANCOL), Venezuela.

Lopez, P. (2004). Poblacion muestra y muestreo. Cochabamba: Punto Cero v.09 n.08. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012

Martinez Maestre, M. C., & Vega Cardenas, N. J. (2016). Evaluacion de la eficiencia del algarrobillo como coagulante natural en el tratamiento de agua residuales de lacteos del cesar s.a. Valledupar, Colombia. Recuperado el noviembre de 2019

Milian Dominguez, J., Iglesias Monroy, O., Valdes Marquez, H., & Sanjudo Ramos, Y. (2017). Estudio fitoquímico integral del Samanea saman de la región occidental de Cuba (Vol. 29). cuba: Revista Cubana de Química. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212017000300012

Núñez San martin, N. (2015). Obtenido de <http://repositorio.uahurtado.cl/bitstream/handle/11242/7894/MGDENU%C3%B1ezS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Olivero Verbel, R., Florez vergara, A., Vega Fellizola, L., & Villegas de Agua, G. (2017). Evaluación de una mezcla para coagulantes naturales, Opuntia ficus y Moringa oleíferaen. Caldas: <http://www.scielo.org.co/>. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552017000200071

Organizacion mundial de la salud (OMS). (s.f.).

Ph. Vulgaris. (s.f.).

PhaniMadhavi , & Rajkumar. (2013).

Pritchard et al. (2010).

Rivera, A., & Alberto, E. (2012). Uso del extracto de la semilla de moringa oleifera como coagulante natural primario y ayudante de coagulación en el tratamiento de agua para consumo humano. Lima, Peru: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3387>

Romero borja, i., Luna Fontalvo, J., & barahona castillo, Y. (2018). CALIDAD BACTERIOLÓGICA DEL AGUA DE LOS RÍOS MANAURE Y CASACARÁ, DEPARTAMENTO DEL CESAR, COLOMBIA. casacara. Obtenido de <http://vip.ucaldas.edu.co/>

Rotoplas. (s.f.). Obtenido de <https://rotoplas.com.mx/agua-cruda/>

Sidesa. (s.f.). Silicatos y Dervdos S.A. de C.V. Mexico. Obtenido de [http://www.aniq.org.mx/pqta/pdf/Respaldo/Sulfato%20de%20Al.Sol.%20Libre%20de%20Fe\(toda%20LIT\).pdf](http://www.aniq.org.mx/pqta/pdf/Respaldo/Sulfato%20de%20Al.Sol.%20Libre%20de%20Fe(toda%20LIT).pdf)

Murillo Montoya, Sergio & Malde, Gloria & Pacheco, Sebastián. (2020). MANUAL TÉCNICO PARA LA ELABORACIÓN DE COAGULANTES / FLOCULANTES A PARTIR DE PRODUCTOS NATURALES.

ANEXOS

Anexo 1: registro fotográfico



Toma de muestra del agua cruda del rio casacara.



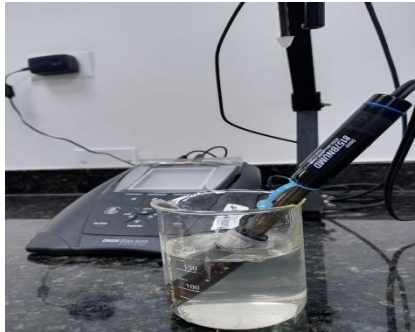
Extracción de la vaina y savia del samanea saman.



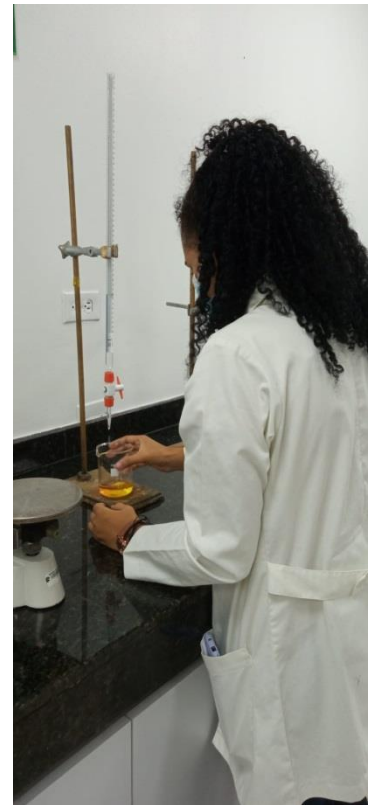
Extracción de la vaina y savia del samanea saman.



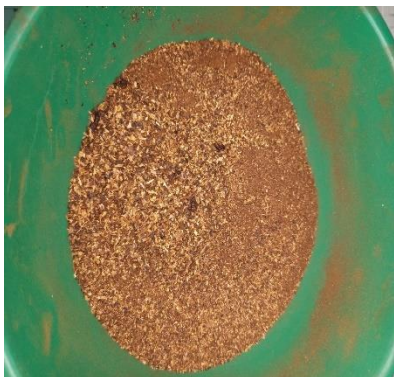
Tamizado del samanea saman.



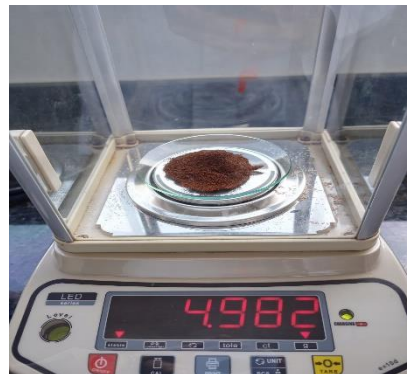
Caracterización del pH y temperatura.



Caracterización de la alcalinidad.



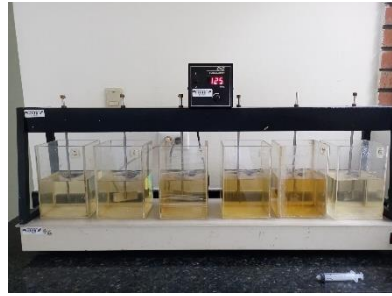
Resultado del proceso de molido y triturado.



Resultado del proceso de molido y triturado.



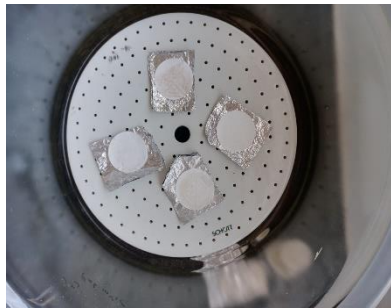
Ensayo de Prueba de jarras en temporada de verano.



Ensayo de Prueba de jarras en temporada de invierno.



Análisis de dato de la turbiedad.



Papel de filtración posterior al horno eléctrico (105C° en 1hr.)



Vertimiento de la muestra en la tolva de filtración en el papel.



Enfriamiento del papel en el desecador a temperatura ambiente.



Montaje de filtración.



Toma de peso del papel de filtro.