

Evaluación de la remoción de contaminantes en aguas residuales piscícolas a partir de coagulante de especie natural Nopal (*Opuntia*) y Alumbre en la geomembrana de cultivo de tilapia ubicada en el CEFA del Municipio de Campoalegre.

Stephanny Alejandra García Barón C.C. 1.075.238.785

Luis Javier Suaza Trujillo C.C. 83.043.828

Director

Julio Cesar Hernández

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y de Negocios

Especialización en Gestión de Proyectos

CEAD Neiva

Noviembre 2019

Nota de Aceptación:

Nombre de los estudiantes

Firma de los estudiantes

Dedicatoria

Principalmente a Dios,

por permitirme dar este paso y dedicarlo a las siguientes personas:

A Mi padre Hernando, mi madre Damaris, mis hijos Hernan y Jhoany y mi esposo Fredy por

representar lo más valioso que tengo y ser el motor de mi vida,

Además de enseñarme el verdadero valor de la familia.

Stephanny A

Dedicatoria

*Este proyecto va dedicado a mi familia,
Mis padres y mi hermana que me incentivan a salir adelante.
A mi hija Sofia porque quiero que ella tenga un buen futuro
Y tengo que ser un gran ejemplo para ella.
A mi esposa porque es mi apoyo en los momentos en que más la necesito y sin ella no hubiera
podido realizar mis sueños.*

Luis Javier

Agradecimientos

Lo primero es querer agradecer a Dios por habernos guiado en nuestro camino, por permitir formarnos como futuros especialistas, también por mantenernos unidos tras la adversidad o el desaliento.

A nuestro director de tesis y tutor del curso Proyecto de Grado Julio Cesar Hernández, por brindarnos su apoyo y su conocimiento cuando lo necesitamos y su entusiasmo desde que iniciamos el curso hasta el día de hoy. También al CEFA y Tecnoparque por permitirnos ejecutar la parte de procesamiento y a si desarrollar la parte de investigación.

¡Mil gracias!

Tabla de Contenidos

Abstract.....	1
Resumen.....	2
Capítulo 1.....	4
1. Introducción.....	4
2. Planteamiento y Formulación del Problema.....	6
3. Pregunta de Investigación.....	8
Capítulo 2.....	9
4. Justificación.....	9
Capítulo 3.....	11
5. Objetivos del Proyecto.....	11
5.1. Objetivo General.....	11
5.2. Objetivos Específico.....	11
Capítulo 4.....	12
6. Marco de Referencias.....	12
6.1. Antecedentes científicos del Proyecto.....	12
6.2. Marco Conceptual.....	13
6.3. Marco Teórico.....	15
6.4. Marco Legal.....	17
6.5. Marco Geográfico.....	18
Capítulo 5.....	19
7. Diseño metodológico.....	19

7.1.	Enfoque de la investigación	19
7.2.	Población.....	19
8.	Desarrollo del Anteproyecto	20
8.1.	Técnicas e instrumentos desarrollados.....	20
8.1.1.	Fuentes de información	20
8.2.	Fase 1. preparacion y/o extracción de coagulantes de origen Natural.....	20
8.2.1.	Recolección.....	20
8.2.2.	Selección y lavado de materia prima	21
8.2.3.	Acondicionamiento de la materia prima	22
8.2.4.	Extracción de Coagulante Natural Nopal	22
8.3.	Fase 2. Prueba de jarras.....	27
8.3.1.	Recolección del agua residual y determinación del color, turbiedad, pH y el OD.	27
8.3.2.	Diseño experimental por tratamiento.....	29
8.3.3.	Aplicación de tratamientos y determinación de concentraciones de color, turbiedad, pH y el OD.....	30
8.4.	Fase 3. Se evaluarán diversas dosificaciones y factores experimentales, con replicas experimentales por tratamiento.....	34
	Capítulo 4.....	39
9.	Resultados de la investigación	39
9.1.	Participantes	43
10.	Cronograma.....	44

11.	Análisis de datos y discusión de resultados	46
11.1.	Resultados.....	46
12.	Bibliografía	47

Lista de Tablas

Tabla 1 Descripción promedia de parámetros fisicoquímicos en la fuente.....	29
Tabla 2 Descripción de valores referente al rendimiento.....	35
Tabla 3 Descripción resultados de análisis.....	36
Tabla 4 Participantes.....	43
Tabla 5 Descripción de los recursos económicos	45

Lista de Ilustraciones

<i>Ilustración 1.</i> Ubicación del punto de muestreo. Fuente: Elaboración propia.	18
<i>Ilustración 2.</i> Materia prima recolectada	20
<i>Ilustración 3.</i> Materia prima proceso de lavado del Nopal opuntia.....	21
<i>Ilustración 4.</i> Materia prima después del lavado	21
<i>Ilustración 5.</i> Materia prima en proceso de despielado de la corteza de la hoja.	22
<i>Ilustración 6.</i> Materia Prima lista para el proceso de extracción	22
<i>Ilustración 7.</i> Proceso de licuado del Nopal.....	24
<i>Ilustración 8.</i> Proceso de calentamiento	25
<i>Ilustración 9.</i> Proceso del material en la centrifuga.....	25
<i>Ilustración 10.</i> Sobrenadante de la suspensión.....	26
<i>Ilustración 11.</i> Almacenamiento del producto	26
<i>Ilustración 12.</i> Calentamiento en horno a 70°C	26
<i>Ilustración 13.</i> Producto final	27
<i>Ilustración 14.</i> Punto de muestreo, salida del agua residual del estanque piscicola geomembrana.	28
<i>Ilustración 15.</i> Análisis de los niveles de oxígeno en el agua del estanque piscicola geomembrana	28
<i>Ilustración 16.</i> Muestra de agua para ensayo de jarras	29
<i>Ilustración 17.</i> Factor de aplicación 1.....	30
<i>Ilustración 18.</i> Factor de aplicación 2.....	30
<i>Ilustración 19.</i> Proceso de floculación y coagulación	32
<i>Ilustración 20.</i> Proceso de coagulación y floculación	32
<i>Ilustración 21.</i> Toma de muestra para análisis fisicoquímico	33
<i>Ilustración 22.</i> Análisis de pH.....	33
<i>Ilustración 23.</i> Análisis de turbiedad	34
<i>Ilustración 24.</i> Descripción referente al porcentaje de remoción del color	40
<i>Ilustración 25.</i> Descripción referente al porcentaje de remoción de la turbiedad	41
<i>Ilustración 26.</i> Descripción cronograma de actividades del proyecto	44

Abstract

The purpose of this research is to evaluate the use of the natural coagulant extracted from Nopal (Opuntia) and alum, in the removal of color and turbidity of fish wastewater that does not affect dissolved oxygen or PH. As an alternative to reducing the environmental impact generated by the accumulation of organic waste, from the raising of fish, which also produces discharges of fish wastewater, I look for the alternative, which consists in the extraction of a natural coagulant from Opuntia to obtain the natural coagulant from Opuntia, It is the use of the plant available in the habitat and the market with its medicinal uses to obtain the natural coagulant by the extraction method: pulp obtained by extraction with ethanol and drying. The evaluation of the capacity of the natural coagulant and alum for the color removal with and turbidity concentration 450 UPC and concentration 160 UNT in fish form wastewater presented, for which it was established to the experimental design of duplicate and triplicate, whose factors are included by the type of coagulant and the dose of coagulant applied. The analysis of the percentage of yield and the ability to remove color and turbidity was performed, compared with the initial value data of the source and the final values affected, in order to identify significant difference. The treatments with the best results in percentage of color and turbidity removal were treatments with values of removal percentages greater than 90% that refers to optimal results, But the treatment with optimal result capable of removing color in 95% and turbidity in up to 98% without altering the pH and dissolved oxygen, it is the treatment with 4 mg of cactus and 4 mg of alum in 50:50 ratio.

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo evaluar el uso del coagulante natural extraído del Nopal (*Opuntia*) y el alumbre, en la remoción de color y turbiedad de aguas residuales piscícolas que no afecte el oxígeno disuelto ni el pH. Como alternativa a la reducción del impacto ambiental generado por la acumulación de residuos orgánicos, a partir de la crianza de peces, que además generan vertimientos de aguas residuales piscícolas, busco la alternativa, la cual consistió en la extracción de un coagulante natural a partir del opuntia. Para la obtención del coagulante natural a partir de la *Opuntia* consistió en el aprovechamiento de la planta disponible en el habitat y el mercado, con usos medicinales. Para la obtención del coagulante natural mediante el método de extracción: pulpa obtenida por extracción con etanol y secado. Se presenta la evaluación de la capacidad del coagulante natural y el alumbre para la remoción de color con una concentración de 450 UPC y turbiedad con una concentración de 160 UNT en agua residual de piscícola, para la cual se estableció un diseño experimental de duplicado y triplicado, cuyos factores están determinados por el tipo de coagulante y la dosis de coagulante aplicada. Se realizó el análisis del porcentaje de rendimiento y la capacidad de remoción del color y la turbiedad, comparados con los datos de valor iniciales de la fuente y los valores finales obtenidos, para así identificar diferencia significativa. Los tratamientos con mejores resultados en porcentaje de remoción del color y la turbiedad fueron los tratamientos con valores de porcentajes de remoción superiores al 90% referentes a óptimos resultados, pero el tratamiento con óptimo resultado capaz de remover el color en

un 95% y turbiedad en un 98% sin alterar el pH y el oxígeno disuelto, es el tratamiento con 4 mg Nopal y 4mg alumbre en relación 50:50.

Capítulo 1

1. Introducción

El departamento del Huila se ubica al sur de Colombia en medio de dos cordilleras de los Andes, de donde hace parte el volcán Nevado del Huila. El departamento es pionero en la exportación de Tilapia, a nivel internacional con un 72% y 66% en producción nacional (Gobernación del Huila, 2018). Por lo tanto es importante que el proceso cumpla con el buen manejo de la calidad y cuidado del entorno en base a los recursos naturales y la conservación de estos según las normas legales vigentes. La producción de Tilapia es cultivada en Lagos, embalses y Piscinas artificiales (Geomembranas); debido a la alta demanda productiva se ha presentado saturación en el embalse de Betania, provocando alteración en la calidad del agua y generación de microorganismos que afectan la producción de la tilapia. Por ello las entidades realizan un llamado al límite de producción en el embalse de Betania. Situación que genera la búsqueda de alternativas de producción como las lagunas artificielas y piscinas (de Geomembranas) siendo sistemas más costosos. Pero al momento de la producción los micro empresarios aplican sistemas poco convencionales al buen manejo de los recursos como es el caso del reusó del agua residual de las piscinas geomembranas en los cultivos agrícolas, o son generados nuevamente a las fuentes hídricas sin ningún manejo ambiental. Pero las entidades ambientales vigiladoras actualmente se encuentran a la vanguardia para evitar el impacto ambiental y que se siga generando mal manejo de los recursos naturales. Motivo tal para que los agricultores busquen implementar los sistemas de tratamiento para el agua residual son costosos y requieren de más recursos naturales, por esto se ha visto afectados los micro productores

de Tilapia. Es así como el siguiente proyecto se basa en la metodología de ensayo de aplicación de un coagulante de origen natural que se ha accesible económicamente y que logre disminuir el porcentaje de color y turbiedad en corto tiempo sin afectar el pH y el oxígeno de los vertimientos sin afectar la fuente hídrica en la finca CEFA de la vereda Rio Frio en el municipio de Campoalegre.

2. Planteamiento y Formulación del Problema

El municipio de Campoalegre se encuentra localizado en la región Huila, cuya superficie es de 4885,00 km², con altitud de 496 m y aproximadamente 32.101 habitantes, que Limita con Rivera, Algeciras, Hobo y Palermo. Las actividades de mayor producción son las agropecuarias (Arroz, cacao, Café, Maíz, Piscícola, Bovino). A partir del crecimiento agropecuario en el municipio y el uso de los recursos naturales, los organismos ambientales han generado Normativas que establecen los límites del manejo; es así como unifican las normas ambientales y modifican las exigencias en la Resolución 1076 de 2015 de *Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible* (EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA, 2019). Por lo tanto, los agropecuarios para continuar con sus actividades laborales deberán acatar la norma y buscar tecnologías que ayuden al manejo ambiental de las labores agropecuarias en especial la piscicultura, que se encuentra en mayor producción y cuenta con mayor exigencia por otras normativas de cumplimiento ambiental para la exportación y manejo nacional. Es así como alguno de los piscicultores del municipio de Campoalegre después de los recambios o al finalizar la cosecha de Tilapia vertían sus lodos o aguas residuales para ser eliminados en efluentes como ríos, quebradas y suelos, y en ocasiones procedían o a un proceden a reutilizarlos en cultivos para el sistema de riego o actividades agropecuarias sin caracterización del efluente que defina su inocuidad y manejo, generando impactos ambientales. Desde el año 2019 se identifica la necesidad de un sistema de manejo de vertimientos a los piscicultores y es así como se realiza la búsqueda de un sistema de tratabilidad que logre remover el color y la turbiedad del agua sin afectar el pH y el oxígeno. Por ello es seleccionado el sistema de Coagulación y se

identifica el Nopal *Opuntia* como coagulante Natural debido a su optima remoción (Villabona Ortiz, Paz, & Martinez García, 2013) . La evaluación y aplicación será realizada en la fina del CEFA ubicada en la vereda Río Frío del municipio de Campoalegre.

3. Pregunta de Investigación

¿Qué tan optimo sería el uso de los coagulantes naturales en la tratabilidad de las aguas residuales piscícolas?

Capítulo 2

4. Justificación

El Crecimiento productivo en la piscicultura al presente ha tenido un óptimo crecimiento económico e incremento en la exportación de Tilapia en Colombia, donde el departamento del Huila es el mayor exportador de Tilapia (El ministro de Agricultura y Desarrollo Rural, 2018). La forma de producción más realizada por el piscicultor en el departamento del Huila es a través del establecimiento de jaulas y corrales piscícolas en el embalse de Betania; la demanda surge debido a la construcción de la represa de Betania en el año 1949, y la necesidad económica en la población afectada que había sido desplazada a realizar una actividad distinta a la que venían desarrollando; así fue como buscaron ayudas para desarrollar otras actividades distintas para el sustento económico. De esta necesidad identifican el beneficio y el aprovechamiento de la represa para lograr obtener un sustento económico a partir de la explotación piscícola en jaulones y corrales en la represa de Betania. De igual forma en un comienzo no se realizaba manejos ambientales tan rigurosos en la represa para la conservación de esta; pero a raíz de esto surge una problemática ambiental debido a la demanda de carga orgánica en el embalse. Es así como en el año 2015 el ICA establece medida de prevención sanitaria por mortandad de peces en la represa de Betania, ubicada en el departamento del Huila (INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, 2015). Por lo tanto, los piscicultores buscaron implementar alternativas para la producción optando por establecer estanques artificiales en suelo. Al realizar este tipo de actividades en estanques, deben implementar un manejo distinto de la destinación genérica de las aguas superficiales y servidas según la normatividad

colombiana, dice que al realizar uso de las fuentes hídricas deberán cumplir los requisitos ambientales, según la normatividad legal vigente (DECRETO 1584 , 1994). Por lo tanto, según las entidades vigiladoras del manejo de los recursos naturales definen que quienes no cumplan con la normatividad ambiental no tendrán permiso para el uso de los recursos naturales. Y a su vez quienes no cumplan con los permisos ambientales, no podrán realizar exportación de sus productos. Actualmente como actividad de manejo de los vertimientos y para el cumplimiento de los permisos ambientales, se realiza el reusó de los vertimientos generados por los estanques de producción para actividades agrícolas; y/o en ocasiones estos terminan en fuentes hídricas o sistemas que requieren de uso de más recursos naturales y que a su vez pueden ser costosos. Por lo tanto, es importante realizar una buena caracterización de las aguas residuales para así dar tratamiento o manejo de los vertimientos y efectuar un buen aprovechamiento del agua tratada.

Hoy por hoy solo el 2% de un 100% cumple con los respectivos permisos ambientales y productivos (FEDEACUA, 2017), es así como se identifica la necesidad en los piscicultores por buscar un método que facilite el tratamiento o manejo de las aguas residuales, idóneo para reducir los impactos ambientales.

Capítulo 3

5. Objetivos del Proyecto

5.1. Objetivo General

Evaluar la capacidad de remoción de contaminantes en aguas residuales piscícolas a partir la aplicación del coagulante de especie natural Nopal Opuntia y Alumbre en la geomembrana uno (1) de cultivo de Tilapia ubicada en la finca CEFA del municipio de Campoalegre - Huila.

5.2. Objetivos Específico

- Evaluar el nivel de eficiencia de dos tipos de coagulante de origen natural Nopal Opuntia y Alumbre en la clarificación de las aguas residuales de la geomembrana uno (1) del cultivo de Tilapia ubicado en el CEFA del municipio de Campoalegre.
- Establecer la dosis optima del Nopal Opuntia y Alumbre para el proceso de coagulación y remoción del color y la turbiedad del agua sin afectar el pH y el oxígeno.
- Analizar el porcentaje de remoción del coagulante de especie natural, aplicado en aguas residuales piscícolas según la normatividad legal vigente.

Capítulo 4

6. Marco de Referencias

6.1. Antecedentes científicos del Proyecto

Como un antecedente del proyecto se puede destacar el análisis acerca de la medición de la huella hídrica en la producción de tilapia, cachama y trucha, realizada en el Valle del Cauca en Colombia, donde el sector piscícola a nivel nacional presenta un creciente promedio del 13% anual desde 1988 a 2013. Es así como se identifica un alto consumo de agua en el país según el estudio de la huella hídrica (HH) de la piscicultura como indicador de sostenibilidad (Water footprint measure method for tilapia, cachama and trout production: study cases to Valle del Cauca (Colombia), 2017). También se identifica que los cambios climáticos y la alta contaminación del agua han incrementado la probabilidad de las bacterias en el medio ambiente, aumentando la caustica en las producciones piscícolas de comercialización, provocando altos niveles de mortalidad y pérdidas económicas considerables, motivo tal que obliga a la identificación de los agentes patógenos a través de los distintos métodos de diagnósticos (Grajales Hahn, Hahn Von, & Grajales Quintero, 2018). Los cuales fueron respaldados por organismos tecnificados para la piscicultura; que a su vez tomaron medidas para el tratamiento para un manejo integral del medio acuático para así conservar el medio ambiente. Por lo tanto, los piscicultores también buscaron alternativas de cultivo de tilapia en lagos, laguna y estanques que no afectaran la productividad ni afectara la producción. Pero al presentare causales con el uso de los recursos naturales, las corporaciones autónomas identifican las factibilidades de mayor vigilancia en el manejo de los recursos naturales, ya que se encuentran en la

obligación, respaldadas por el ministerio y la normatividad legal vigente para la exigencia del buen manejo de los recursos naturales. Debido a esto los productores buscaron implementar tecnologías que conserven y mejoren el medio ambiente, pero, no todos los productores tienen las mismas condiciones económicas para la implementación de tecnologías y así dar cumplimiento a la normatividad legal vigente (Bohorquez Giraldo & Ruiz Suárez, 2015).

6.2. Marco Conceptual

Agua Residual: Agua que fue usada por una actividad agropecuaria, industrial o doméstica, que presenta alteración en su composición fisicoquímica

Clarificación: Proceso de sedimentación para eliminar los sólidos sedimentables del agua residual.

Coagulación: Proceso de desestabilización química de las partículas coloidales producidas por la neutralización de las fuerzas que los mantiene separados, por medio de la adición de los coagulantes y aplicación de energía de mezcla.

Floculante: Es la sustancia que aglutina sólidos en suspensión, provocando su precipitación.

Floculación: Proceso químico a través del cual se adición una sustancia denominada floculante

Nopal: Planta perteneciente a la familia Cactácea, originaria de América del sur, disponible también en África, Australia, Sur de Europa y Asia. La planta cuenta con propiedades medicinales y como fuente alimentaria dietética, pero a su vez ha sido

investigada como un agente coagulante y floculante para la descontaminación o remoción de material contaminante de las aguas superficiales y residuales.

Cuando se habla de la coagulación en los vertimientos de piscícolas naturales notamos que esto se ha utilizado de igual forma, pero con coagulaciones químicas, logrando la precipitación de especies metálicas e inorgánicas con óptimos resultados en su eliminación.

Las partículas coloidales son sometidas a fuerzas de atracción de Van der Waals estos son factores de inestabilidad ya que son movimientos continuos de dichas partículas. También por una fuerza de repulsión electrostática esta fuerza es la que impide la aglomeración de partículas ya que cuando se unen estas se rechazan al ser de igual componente (Aguilar, Saéz, Lloréns, Soler, & Ortuño, 2002).

La coagulación espera que la temperatura del agua sea de 1°C ya que esto conduce a unas corrientes de diferentes grados que afectan la energía de las partículas si la temperatura es más alta la coagulación es desfavorable.

La presencia de oxígeno en el agua es muy indispensable para la vida de los peces, el principal problema es que baja solubilidad del gas en el agua de igual manera él puede producir un grave daño ya que al descomponerse este usa el oxígeno para su respiración y causa la muerte a los peces y afecta la calidad de las fuentes hídricas.

Las actividades humanas que hacen uso de cuerpos de agua natural para la producción de peces generan cambios en la calidad fisicoquímica y biológica del agua. En particular, el nitrógeno amoniacal, las heces de los peces y los alimentos no consumidos son las principales fuentes de contaminación en la acuicultura (Teodorowicz, 2013). Algunas técnicas prominentes para la tratabilidad de las aguas residuales se identifica el uso de

coagulantes-floculantes naturales, con el objeto de lograr la obtención de un agua con calidad y a su vez reducir el uso de productos sintéticos nocivos a nivel del saneamiento ambiental (Flaten, 2001).

Las etapas de coagulación y floculación son métodos fundamentales y eficaces en el tratamiento de las aguas residuales de origen industriales. En base a los procesos físicos y químicos, se logra la reducción de los sólidos totales suspendidos, turbidez, color y metales pesados, que aportan a la reducción de la Demanda Química de oxígeno (DQO). Los polímeros naturales orgánicos han ganado un alto interés, porque son compuestos que no causan efectos altamente nocivos al ambiente y la salud humana, dada su naturaleza orgánica, asimismo podrán obtenerlos a un bajo costo (Renault et al., 2009, Yin, 2010, Antov et al., 2012, Fatombi et al., 2013). A la fecha, los tipos de especies vegetales mas utilizados como coagulantes naturales son *Moringa oleífera* (moringa), *Strychnos potatorum* (nirmali), *Opuntia ficus indica* (cactus) y *Jatropha curcas*, manejados como alternativas de descontaminación y reducción en los tratamientos de aguas residuales (Sánchez-Martin et al., 2010, Yin, 2010 y Abidin et al., 2013).

6.3. Marco Teórico

Los siguientes referentes bibliográficos para la construcción del marco teórico, según la investigación llevada por (Medina & Gonzales, 2019) la gestión de proyectos en base al PMI, el trabajo investigativo tiene por objeto profundizar en la identificación y su aplicación según el tipo de metodología en base al PMI o al PMBOK.

En cuanto al trabajo de investigación a desarrollar, se identifica que los Coagulantes y floculantes naturales usados semillas para la reducción de turbidez, sólidos suspendidos, colorantes y metales pesados en aguas residuales han sido utilizados para el tratamiento de las aguas residuales con altas cargas de contaminación por sólidos totales suspendidos (SST) y demanda química de oxígeno (DQO), hasta lograr el 86,9% y 36,2% de remoción (Bravo Gallardo, 2015). De igual forma ocurre con el uso de la *Opuntia Ficus*

Como coagulante natural en la Costa Atlántico. La aplicación de la *Opuntia Ficus* como coagulante para el tratamiento del agua potable, lo cual es practicado de forma tradicional en comunidades rurales. Según la investigación de (Viillabona Ortiz , Paz, & Garcia Martinez, 2013) de la “Caracterización de la *Opuntia ficus-indica* para su uso como coagulante natural” , durante la caracterización del tallo y el polvo extraído de la Tuna que crece de forma silvestre en el departamento de Bolívar, identifican los componentes asociados al poder de coagulación para la remoción de turbidez y color en aguas crudas, son el ácido poligalacturónico y compuestos alginicos los que realmente son los compuestos que confieren la calidad al biomaterial.

Según la revista ISRN Microbiology los coagulantes naturales disponibles localmente pueden lograr la reducción de la turbidez del agua; dando mejores resultados con aguas alta y turbia en comparación con agua media o baja turbia. En esta investigación se realiza el uso del agua sintética con niveles de turbiedad artificial para la realización de pruebas convencionales con la dosificación de extractos solubles en agua de *Moringa oleifera*, *Cicer arietinum* y *Dolichos lablab* reducción de la turbidez a 5,9, 3,9 y 11,1 unidad de turbidez nefelométrica (NTU), respectivamente, desde 100 NTU y 5, 3,3 y NTU,

respectivamente, después de la dosificación y la filtración (Asrafuzzaman, Fakhruddin, & Alamgir, 2011).

6.4. Marco Legal

Teniendo en cuenta el decreto 1076 publicado el 26 de mayo del año 2015 expedido por el presidente de la república de Colombia, en ejercicio de las facultades que le confiere el numeral 11 del artículo 189 de la constitución política de Colombia, realizan la versión integrada con sus modificaciones al decreto único Reglamentario del sector Ambiente y Desarrollo Sostenible a partir de la fecha de su expedición. Que fue actualizado el 26 de agosto de 2019, ratifica que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible es el rector de la gestión de los recursos naturales renovables, encargado de orientar y regular el ordenamiento ambiental del territorio, además de definir la políticas y medidas a las que se sujetaran la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y beneficio sostenible de los recursos naturales renovables y del ambiente de la Nación, con el fin de asegurar el desarrollo sostenible, sin perjuicio de las funciones asignadas a otros sectores (Presidente de la Republica de Colombia, 2019), esta normativa refleja los límites, métodos y parámetros de referencia de la calidad del uso del agua según la actividad, como también los límites que deben cumplir los vertimientos o aguas residuales después de sus actividades.

6.5. Marco Geográfico

El trabajo de grado e investigación selecciona el punto de muestreo que está ubicado al sur del departamento del Huila, en el municipio de Campoalegre, en la vereda Rio Frio; cuenta con una población promedio de 400 hab. Al año 2019, se accede a la población desde el cruce de Algeciras – Campoalegre vía al Sur del Huila.

El CEFA se ubica a un (1) kilómetro de la vereda vía al sur del Huila.



Ilustración 1. Ubicación del punto de muestreo. Fuente: Elaboración propia.

El vertimiento o agua residual a utilizar para el ensayo de coagulación será tomado de la piscina 1 con cultivo de Tilapia Nilótica *Oreochromis Sp / Niloticus*, al cual se le realiza cada dos días recambio del agua de la piscina geomembrana por control de calidad.

Capítulo 5

7. Diseño metodológico

7.1. Enfoque de la investigación

La investigación es mixta ya que contamos con la cualitativa y cuantitativa lo cual obtenemos datos que nos van a permitir hacer comparaciones con parámetros que están establecidos para la clarificación de las aguas contaminadas.

El tipo de investigación que se va a utilizar es la correlacional, debido a que esta tiene el propósito de evaluar las relaciones entre los coagulantes a partir de las plantas que tenemos en el mercado.

El diseño de investigación a realizar en la investigación, es el experimental ya que consisten en la manipulación de variables experimental no comprobadas. Pero, también con el fin de describir de qué modo, o para que se produce, si es una situación, y/o un acontecimiento. Se recolectarán datos mediante observaciones y análisis contestando preguntas e hipótesis. El coagulante natural será extraído a partir de la planta Nopal *Opuntia* y el Alumbre; para la elaboración del proceso se cuenta con todo el equipo necesario para su ejecución.

7.2. Población

La población está conformada por piscicultores como microempresarios, debido a su comercialización en la zona del municipio de Campoalegre (H), conformada por 10 personas (piscicultores) que se encuentran de acuerdo en participar en el estudio de

investigación. Se trabajará el agua residual de un lago con cultivo de Tilapia, para la realización del estudio de investigación.

8. Desarrollo del Anteproyecto

8.1. Técnicas e instrumentos desarrollados

8.1.1. Fuentes de información

Se efectuó la búsqueda de artículos científicos relacionados con la temática del proyecto en distintas bases de datos (Science Direct, Google Académico, Refseek, y otros) y tesis publicadas en biblioteca virtuales de diversas universidades de Colombia y otros países.

8.2. Fase 1. preparación y/o extracción de coagulantes de origen Natural

8.2.1. Recolección

El Nopal *Opuntia* se consiguió en la Central de Abastos SURABASTOS de Neiva como planta medicinal.

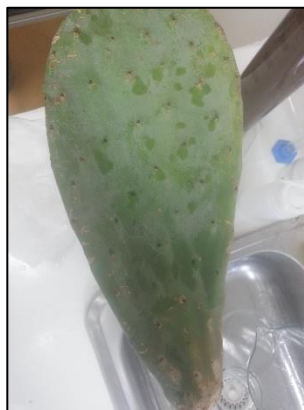


Ilustración 2. Materia prima recolectada

La obtención de Alumbre se consigue en una droguería, debido a que es un mineral a base de sal, con propiedades astringentes, antiséptico, antimaterial, disponible en droguerías y tiendas.

8.2.2. Selección y lavado de materia prima

Se selecciono las mejores hojas de la planta Nopal *Opuntia* que presentaran una apariencia (forma, tamaño y color) y sanidad. Continuamente se sometieron a un lavado por inmersión en agua a temperatura ambiente, para así dejar el material libre de partículas extrañas.



Ilustración 3. Materia prima proceso de lavado del Nopal opuntia



Ilustración 4. Materia prima después del lavado

8.2.3. Acondicionamiento de la materia prima

La hoja del Nopal se le retira la parte superficial para el aprovechamiento de la pulpa de modo que la pulpa quede libre de residuos, prontamente se corta manualmente en trozos de 1cm x 1cm, se coloca en recipientes y se cierra con papel celofán.



Ilustración 5. Materia prima en proceso de despielado de la corteza de la hoja.



Ilustración 6. Materia Prima lista para el proceso de extracción

8.2.4. Extracción de Coagulante Natural Nopal

Para el proceso de extracción del coagulante se aplica el siguiente protocolo. Los procedimientos fueron adoptados de diferentes fuentes como Bravo (2015), realizando algunas adaptaciones.

Protocolo método de extracción del coagulante (Villabona Ortiz, Paz Astudillo, & Martínez García, Caracterización de la Opuntia ficus-indica, 2013).

Planta para extracción de coagulante:

Penca de nopal

Reactivos.

- Agua destilada 1000 ml
- Etanol al 96% 100 ml

Materiales.

- Cuchillo
- Frasco lavador
- Erlemeyer de 1000 ml
- Baker de 1000ml
- Baker de 250 ml
- Baker de 10 ml
- Tubos falcón de 10 ml
- Mortero con maso
- Espátula
- Toallas de papel
- Balde (desinfección)
- Tubo de ensayo de 15ml

Equipos.

- Centrifuga con suspensión a 3500 rpm para tubos de 10 ml

- Estufa
- Licuadora
- Enfriador con temperatura de 5°C
- Horno con temperatura de 70°C y humedad de 10%
- Balanza de precisión
- Termómetro
- Cronometro

Procedimiento elaboración de producto.

- Se corta en cubo la penca y licuarla con agua destilada porción 1:2 (p/v)



Ilustración 7. Proceso de licuado del Nopal

- Continuamente se coloca en un recipiente resistente (a temperaturas altas) la mezcla en una plancha de calentamiento a la temperatura de 50°C durante 1 hora.



Ilustración 8. Proceso de calentamiento

- Luego se deja atemperar y procede a centrifugar la suspensión a 3500 rpm durante 10 minutos.



Ilustración 9. Proceso del material en la centrifuga

- Una vez centrifugada la suspensión se desecha el sedimento y al sobrenadante se adiciona etanol (1:4 v/v)



Ilustración 10. Sobrenadante de la suspensión

- Enseguida se deja reposar por 24 horas en refrigeración a 5°C



Ilustración 11. Almacenamiento del producto

- Pasado el tiempo de reposo deja atemperar, para luego tomar el producto almacenado y ubicarlo en un recipiente resistente (a temperaturas altas) en el horno a 70°C, hasta obtener una humedad máxima de 10%.



Ilustración 12. Calentamiento en horno a 70°C

- Continúe pulverizando el producto obtenido utilizando un mortero

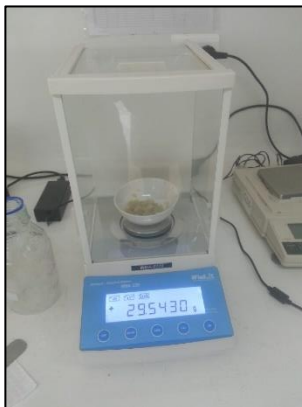


Ilustración 13. Producto final

Almacenamiento.

El producto final se empaco en bolsa de polietileno con cierre hermético y se almaceno a temperatura ambiente ($\pm 28^{\circ}\text{C}$) para evitar su contaminación.

Preparación del alumbre

El alumbre se presenta comercialmente en estado sólido de color blanco. Tiene la ventaja de su manipulación, permitiendo la trituración y pulverización para el proceso de dosificación en el ensayo de jarras sin dejar residuos insolubles.

8.3.Fase 2. Prueba de jarras

8.3.1. Recolección del agua residual y determinación del color, turbiedad, pH y el OD.

Se toma la muestra de agua residual generada del recambio del estanque piscícola geomembrane seleccionada donde se cultiva la Tilapia en el CEFA en el municipio de Campoalegre (Huila).

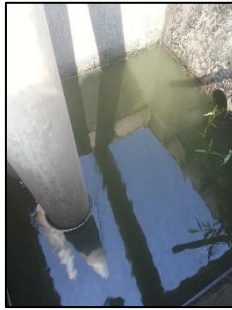


Ilustración 14. Punto de muestreo, salida del agua residual del estanque piscicola geomembrana



Ilustración 15. Análisis de los niveles de oxígeno en el agua del estanque piscicola geomembrana

Se adoptan recomendaciones para la toma de muestra de agua residual dadas en la Norma Técnica Colombiana ISO 5667 (1995).

Antes de hacer la toma de la muestra de agua, esta se agito en el punto de salida seleccionado con el fin de obtener una muestra homogénea puntual. Las muestras se tomaron en recipientes de plástico, se purgo tres veces los envases antes de llenarlos con la muestra.



Ilustración 16. Muestra de agua para ensayo de jarras

Tabla 1

Descripción promedio de parámetros fisicoquímicos en la fuente

	Parámetros de medición	Unidades
pH	7.471	-
Color	450	UPC
Turbidez	160	UNT
Temperatura	25,2	

8.3.2. Diseño experimental por tratamiento.

Se evaluarán tres factores experimentales, bajo dos niveles por factor y tres replicas experimentales por tratamiento.

$$2k = 2^3 = 8 \text{ tratamientos} \times 3 \text{ réplicas} = 24 \text{ tratamientos totales (test de jarras)}$$

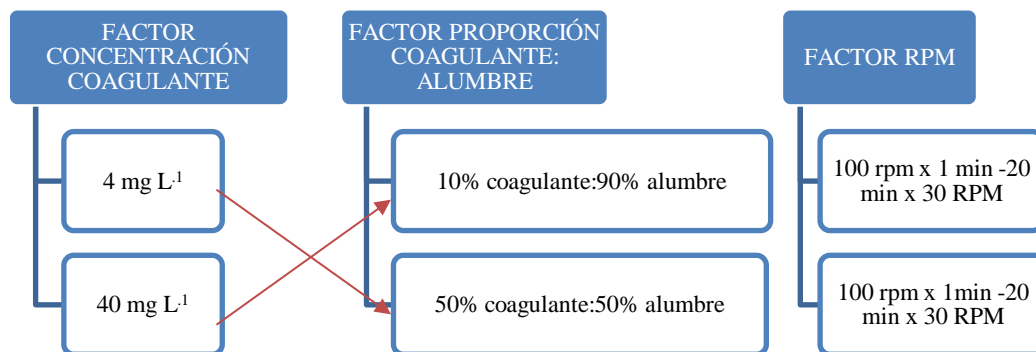


Ilustración 17. Factor de aplicación 1

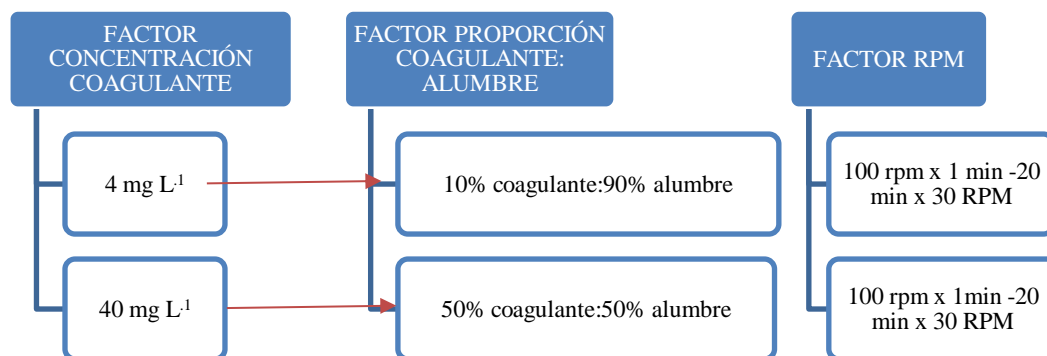


Ilustración 18. Factor de aplicación 2

8.3.3. Aplicación de tratamientos y determinación de concentraciones de color, turbiedad, pH y el OD.

Para el proceso de aplicación de tratamientos de coagulantes, se aplica el siguiente protocolo. Los procedimientos fueron adoptados de diferentes fuentes (Parra, Garcia, Mendoza, Gonzales, & Fuentes , 2011), realizando algunas adaptaciones:

Protocolo de ensayo de jarras

Para el proceso de aplicación se realizó:

- Coagulante natural

Materiales

- 6 Baker de 2000 ml
- 3 jeringas de 20 ml
- 3 jeringas de 10 ml
- 3 jeringas de 5 ml
- 7 Baker de 10 ml
- Frasco lavador con agua destilada

Equipos

- Equipo para el ensayo de jarras
- Equipo para medir pH
- Turbidímetro
- Colorímetro
- Termómetro
- Cronometro
- Conductímetro
- Equipos para determinar solidos totales disueltos

Procedimiento de elaboración para ensayo de jarras:

- Se ubican los 6 recipientes Baker de 2000ml, en cada uno de ellos se agrega 1000ml de la muestra de agua residual y se ubican en el equipo para realizar el ensayo de jarras, luego se da inicio al equipo programándolo a 100 rpm.

- Continuamente se realiza la aplicación de los tratamientos y se inicia el conteo por un minuto.
- Una vez se cumplen el minuto, se reduce la velocidad a 30 rpm por 20 minutos.



*Ilustración 19.*Proceso de floculación y coagulación

- Pasado los 20 minutos se apaga el equipo de ensayo de jarras y se deja en reposo para el proceso de sedimentación del Flock por un tiempo de 30 minutos.



*Ilustración 20.*Proceso de coagulación y floculación

- Seguidamente se extrae una cantidad de la parte sobrenadante sin afectar la muestra y se realizan los análisis para determinar las variables fisicoquímicas utilizando las metodologías referidas en el manual de métodos estandarizados (American Public Health Association - American Water Works Association - Water Environment Federation, 2012).

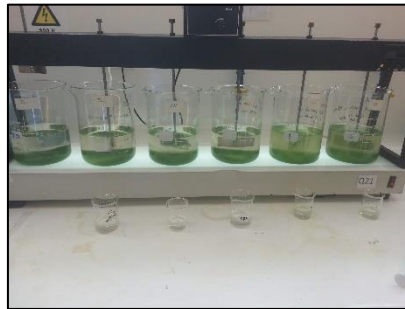


Ilustración 21. Toma de muestra para análisis fisicoquímico

Una vez extraída la muestra se procede al análisis de pH, color, turbiedad y OD. Al realizar los análisis a las muestras de agua antes y después del ensayo de jarras, se realizan los registros de los datos de análisis evidenciados en la tabla 3.



Ilustración 22. Análisis de pH



Ilustración 23. Análisis de turbiedad

8.4.Fase 3. Se evaluarán diversas dosificaciones y factores experimentales, con replicas experimentales por tratamiento.

Al realizarse el análisis fisicoquímico, se usan diversos equipos para el proceso de análisis y que a su vez cuentan con mantenimiento de equipos vigente, sometidos a verificación, mantenimiento y calibración por parte de una entidad certificada. Una vez realizado los análisis fisicoquímicos de Color, Turbiedad, Oxígeno Disuelto y pH se registran en la tabla 3, para así determinar los valores después del proceso de floculación y coagulación. En el análisis de rendimiento de remoción del color y la turbiedad, se podrá apreciar diversos porcentajes de remoción con valores superiores al 90% referentes a óptimos resultados, en los valores medios con margen de remoción inferiores al 90% y con bajo porcentaje de rendimiento a valores inferiores del 0% (reflejados en la tabla 2). A continuación, en la tabla 3 se reflejan los valores y datos de los resultados según el tipo de tratamiento aplicado.

Tabla 2

Descripción de valores referente al rendimiento

ID Rendimiento	%
Bajo	0
Medio	>90
Bueno	90

Tabla 3

Descripción resultados de análisis

ID	MUESTRA		COLOR UPC	TURBIEDAD NTU	PH	T °C	O.D. %	O.D. mg/l	OBSERVACIONES	RENDIMIENTO COLOR	RENDIMIENTO TURBIEDAD
M1	Inicial	Inicial	750	243	9,3	25	59,6	4,4	Muestra patrón Inicial -100 RPM x1minuto - 20 minutos +30 RPM	-	-
	T 1	T 1.1.	105	30,3	7,6	25	61,5	5,02	4 mg Nopal + 36 mg alumbre+	86	88
	T 1	T 1.2.	160	26,1	7,9	25	66,4	5,47	10%:90% alumbre + 100 RPM x1minuto - 20 minutos +30 RPM	79	89
	T 2	T 2.1.	150	21,1	8,05	25	98,8	7,86	4 mg Nopal + 4 mg alumbre+ 50%:50% alumbre + 100 RPM x1minuto - 20 minutos +30 RPM	80	91
	T 2	T 2.2.	195	64,1	7,97	25	75,9	6,07		74	74
	C 1	C 1.1.	750	232	9,3	25	91,8	7,39	Muestra patrón- 100 RPM x1minuto - 20 minutos +30 RPM	0	5
	C 1	C 1.2.	750	227	8,85	25	104	8,64		0	7
M2	Inicial	Inicial	750	243	9,3	25	59,6	4,4	Muestra patrón Inicial-100 RPM x1minuto - 20 minutos +30 RPM		
	T 1.1.	T 1.1.	35	3,27	8,83	26	69	5,35	4 mg Nopal + 36 mg alumbre+ 10%:90% alumbre + 100 RPM x1minuto - 20 minutos +30 RPM - Después de 24 hora	95	99
	T 1.2.	T 1.2.	35	4,11	8,76	25,8	74	5,75		95	98
	T 2.1.	T 2.1.	40	4,96	8,38	26	73,6	5,72	4 mg Nopal + 4 mg alumbre+ 50%:50% alumbre + 100 RPM X1min - 20 min +20 RPM- Después de 24 horas	95	98
	T 2.2.	T 2.2.	40	4,05	8,37	25,8	71	5,54		95	98
	C 1.1.	C 1.1.	180	55,3	8,32	25,8	82,5	6,43	Muestra patrón - 100 RPM x1minuto - 20 minutos +30 RPM-Después de 24 horas	76	77
	C 1.2.	C 1.2.	200	58,7	8,34	26,2	80,3	6,25		73	76
M3	Inicial	Inicial	420	162	7,03	22,7	69	6,93	Muestra patrón Inicial 100 RPM x1minuto - 20 minutos +30 RPM	-	-
	T 1.1.	T 1.1.	20	1,83	7,03	20,5	91,5	7,8	40 mg Nopal + 360 mg alumbre+ 10%:90% alumbre + 100 RPM x1minuto - 20 minutos +30 RPM	95	99
	T 1.2.	T 1.2.	25	3,96	7,03	20,5	94,7	7,29		94	98

	T 2.1.	T 2.1.	15	1,28	7,03	21,1	82,8	7,02	360 mg alumbre= 90% alumbre +40mg nopal=10% 100 RPM x1minuto - 20 minutos +30 RPM	96	99
	T 2.2.	T 2.2.	15	1,35	7,03	21,1	92,5	9,3		96	99
	T 2.3.	T 2.3.	60	4,13	7,03	20,8	94,5	7,94		86	97
	T 3.1.	T 3.1.	300	98	7,03	21,2	99,9	9,76	Muestra patrón -100 RPM x1minuto - 20 minutos +30 RPM	29	40
	T 3.2.	T 3.2.	325	124	7,03	20,3	91,7	8,25		23	23
	T 3.3.	T 3.3.	340	118	7,03	20,4	97,1	7,83		19	27
M4	Inicial	Inicial	500	167	8,245	25	70,3	6,05	Muestra patrón Inicial-100 RPM x1minuto - 20 minutos +30 RPM	-	-
	T.1.1.	T.1.1.	385	128	7,53	25	83,1	6,34	40 mg Nopal + 40 mg alumbre+ 50%:50% alumbre + 100 RPM x1minuto - 20 minutos +30 RPM	23	23
	T.1.2.	T.1.2.	335	76,3	7,626	25	85	5,94		33	54
	T.1.3.	T.1.3.	235	65,8	7,548	25	87,3	6,58		53	61
	T.2.1.	1	425	130	8,125	25	89	6,95	40 mg Nopal-100 RPM x1minuto - 20 minutos +30 RPM	15	22
	T.2.2.	2	400	109	8,95	25	81	6,24		20	35
	T.2.3.	3	400	106	8,7	25	74	5,81		20	37
	T.3.1.	1	170	25	8,66	25	86,6	6,74	40 mg Alumbre-100 RPM x1minuto - 20 minutos +30 RPM	66	85
	T.3.2.	2	45	24,3	7,8	25	85,4	6,54		91	85
	T.3.3.	3	45	25	7,9	25	89	7,08		91	85
T.4.1.	1	335	95,4	7,2	25	95	8,12	Muestra patrón-100 RPM x1minuto - 20 minutos +30 RPM	33	43	
T.4.2.	2	375	113	7,765	25	93	7,29		25	32	
T.4.3.	3	375	117	8	25	99,9	8,82		25	30	
M5	Inicial	Inicial	500	167	8,245	25	70,3	6,05	Muestra patrón Inicial-100 RPM x1minuto - 20 minutos +30 RPM		
	T.1.1.	1	70	8,42	7,643	25	55,5	4,32	40 mg Nopal + 40 mg alumbre+ 50%:50% alumbre + 100 RPM x1minuto - 20 minutos +30 RPM - Después de 24 horas	86	95
	T.1.2.	2	60	4,7	7,321	25	60,7	4,72		88	97
	T.1.3.	3	50	5,46	7,619	25	63,7	5,72		90	97

	T.2.1.	1	90	13,8	8,03	25	72,5	5,6	40 mg Nopal - 100 RPM x 1 minuto - 20 minutos +30 RPM-Después de 24 horas	82	92
	T.2.2.	2	90	16,3	7,888	25	67,3	5,3		82	90
	T.2.3.	3	90	18,5	8,459	25	77,8	6,05		82	89
	T.3.1.	1	35	4,78	7,735	25	72,8	5,77	40 mg Alumbre - 100 RPM x 1 minuto - 20 minutos +30 RPM-Después de 24 horas	93	97
	T.3.2.	2	5	23,8	7,682	25	72,6	5,53		99	86
	T.3.3.	3	12,5	28,8	8,015	25	74,1	5,87		98	83
	T.4.1.	1	80	21,5	7,999	25	70,7	5,41	Muestra patrón - 100 RPM x 1 minuto - 20 minutos +30 RPM-Después de 24 horas	84	87
	T.4.2.	2	110	26	8,298	25	75	6,14		78	84
	T.4.3.	3	120	32	8,359	25	80,6	6,23		76	81
M6	Inicial	Inicial	500	34,6	7,552	28	215	1,62	Muestra patron-100 RPM x 1 minuto - 20 minutos +30 RPM	-	-
	T.1.1.	1	105	29,3	8,08	25	232	6,94	40 mg Nopal + 40 mg alumbre+ 50%:50% alumbre + 100 RPM x 1 minuto - 20 minutos +30 RPM	79	15
	T.1.2.	2	130	22,1	8,084	25	215	4,8		74	36
	T.1.3.	3	125	23,6	8,435	25	216	5,78		75	32
	T.2.1.	1	105	19,9	7,999	25	212	6,52	40 mg Nopal-100 RPM x 1 minuto - 20 minutos +30 RPM	79	42
	T.2.2.	2	140	18,8	8,374	25	223	5,221		72	46
	T.2.3.	3	135	23	8,264	25	221	6,761		73	34
	T.3.1.	1	115	20	8,032	25	238	6,6	40 mg Alumbre-100 RPM x 1 minuto - 20 minutos +30 RPM	77	42
	T.3.2.	2	140	17,1	8,299	25	303	7,08		72	51
	T.3.3.	3	220	39,1	7,999	25	219	5,99		56	-13
T.4.1.	1	165	34	8,132	25	213	6,07	Muestra patrón-100 RPM x 1 minuto - 20 minutos +30 RPM	67	2	
T.4.2.	2	115	16,7	8,088	25	219	7,341		77	52	
T.4.3.	3	160	30,2	7,091	25	217	7,141		68	13	

Capítulo 4

9. Resultados de la investigación

La muestra de agua residual recolectada del recambio del cultivo de tilapia en la geomembrana en el Municipio de Campoalegre, presenta valores altos en concentración de la turbiedad y el color (los datos iniciales se reflejan en la tabla 1 y 3); a partir de estos valores se realiza el análisis de porcentaje de remoción en comparación con los valores de los resultados fisicoquímicos del agua tratada con diferentes concentraciones de coagulantes, cada uno de los valores se encuentran reflejados en la tabla 3. En las gráficas 24 y 25 se representan los porcentajes de remoción en color y turbiedad, donde se puede apreciar que los valores inferiores de porcentaje de remoción son resultado de las muestras patrón, esto quiere decir que el coagulante logra remover el color y la turbiedad del agua residual piscícola.

Los valores límites permisibles para solicitud permiso de vertimientos puntuales según la norma 0631 (2015) para el Color Real (Medidas de absorbancia a las siguientes longitudes de onda: 436 nm, 525 nm y 620 nm) m^{-1} , según la medida del coeficiente de absorción espectral. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015); Pero para el uso actividades de otras actividades humanas el aguas abajo deberá tener un color de 20 UPC (Unidades platino cobalto) según la norma 1076 (EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA, 2019). En cuanto a los valores límites de la turbiedad es de 10 Unidades Nefelométricas para uso del recurso en otras actividades según la norma 1076 (EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA, 2019).

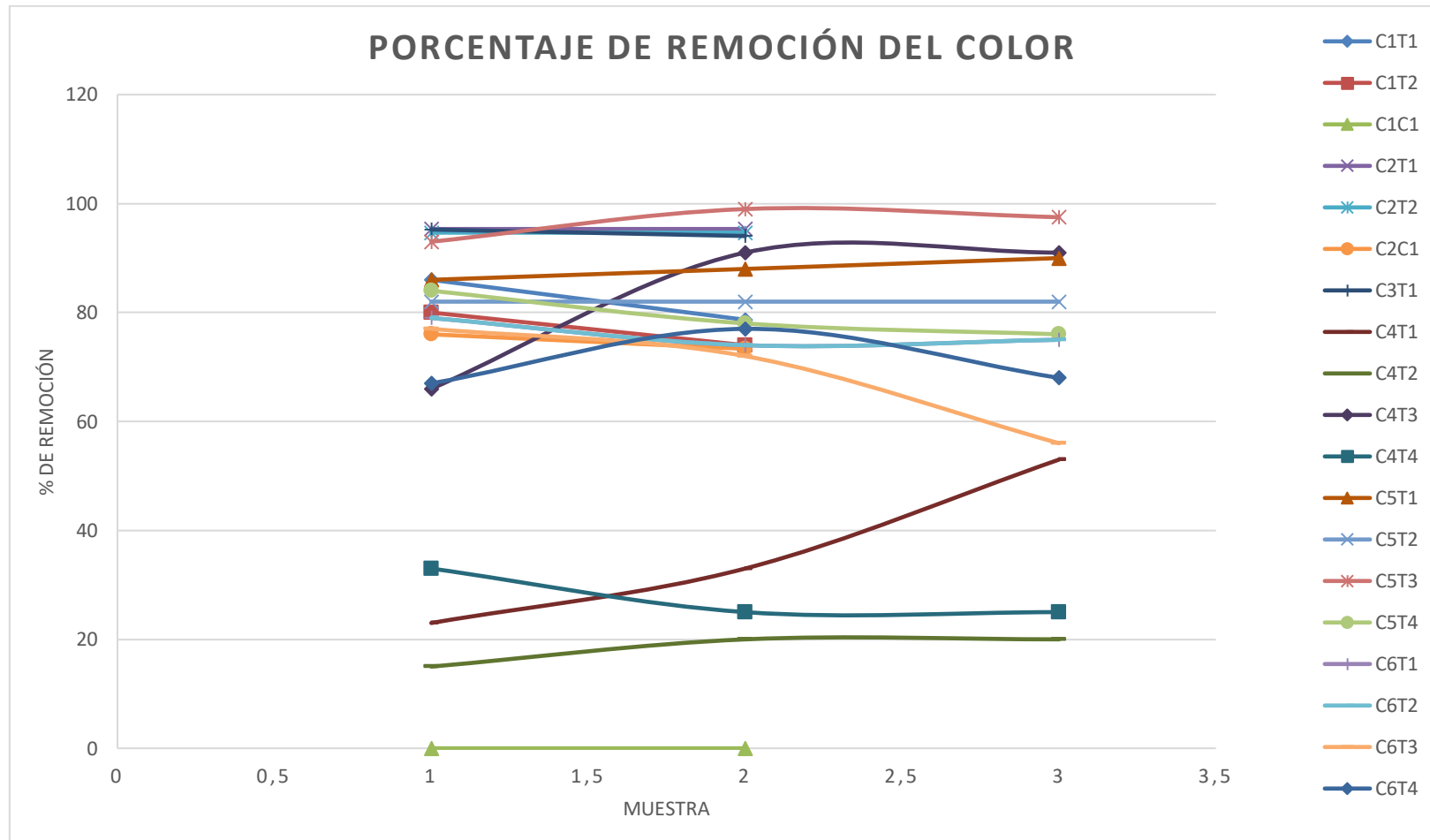


Ilustración 24. Descripción referente al porcentaje de remoción del color

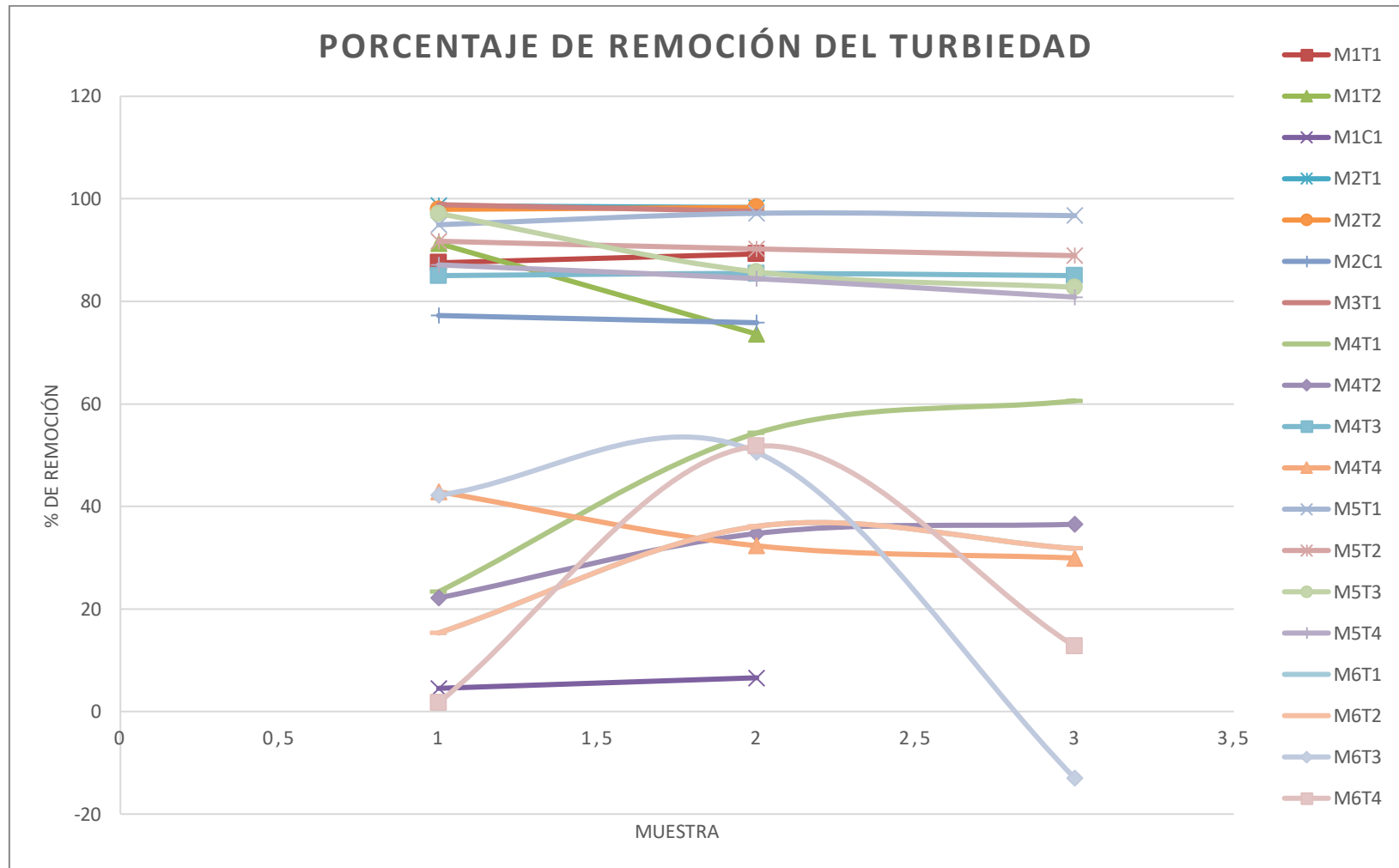


Ilustración 25. Descripción referente al porcentaje de remoción de la turbiedad

Es importante tener en cuenta que la turbiedad y el color de la muestra no fue modificada ni alterada momentos antes de someterse al proceso. Las muestras fueron tomadas en ambientes cálidos y en ocasión temporadas variables. logrando mantener el oxígeno y el pH.

La dosis de coagulante que logra remover un alto porcentaje del color y la turbiedad sin alterar el pH y el Oxígeno Disuelto, es el Tratamiento con 4 mg Nopal y 4 mg alumbre en relación 50%:50%, con agitación de 100 rpm por 1 min y 20 min a 20 rpm dejado en reposo por 24 horas. Siendo una ventaja para su tratabilidad, ya que este podrá ser almacenado en un tiempo corto a comparación con las lagunas de oxidación convencional según los lineamientos normativos (República de Colombia, Ministerio de Desarrollo Económico, 2000). También se identifica otra dosis de coagulante con alto contenido de aluminio capaz de remover en un alto porcentaje el color y la turbiedad, pero, puede incrementar el porcentaje del aluminio perjudicando su uso en otras actividades aguas abajo, ocasionando posibles impactos al medio ambiente.

Debido a que el objeto de la investigación es identificar la capacidad de remoción en la concentración de color y turbiedad sin afectar el pH, el coagulante natural a partir de Nopal y Alumbre, esta se trabaja en porcentajes de remoción respecto a las concentraciones iniciales del color y la turbiedad, y se calcula el poder de la coagulación y floculación en reducción del color y la turbiedad.

Villabona-Ortiz et al, (2013) trabajo con agua cruda de una fuente superficial en condiciones iniciales de la Turbidez en 30 NTU y el pH en 7.8. Donde después de ser tratada identifican la dosis optima y los porcentajes de reducción de la turbidez que se

encuentran entre 80 y 90%, observando que al aplicar mayor cantidad de coagulante el color y la turbidez aumentan progresivamente según la cantidad, la dosis optima del coagulante a partir del *cactus lefaria*. La dosis de tratabilidad fue de 10 mg/L a agua cruda o superficial con una turbidez inicial de 30 NTU (Viillabona Ortiz , Paz, & Garcia Martinez, 2013).

9.1.Participantes

Tabla 4

Participantes

<i>Nombre</i>	<i>Código</i>	<i>Roles</i>	<i>Actividad</i>
<i>Julio Cesar Hernández</i>	<i>No aplica</i>	<i>Director de Tesis</i>	<i>Dirige</i>
<i>Stephanny Alejandra García Barón</i>	<i>1.075.238.785</i>	<i>Estudiante</i>	<i>Desarrollo del</i>
<i>Luis Javier Suaza Trujillo</i>	<i>83.043.828</i>	<i>Estudiante</i>	<i>Proyecto</i>

10. Cronograma

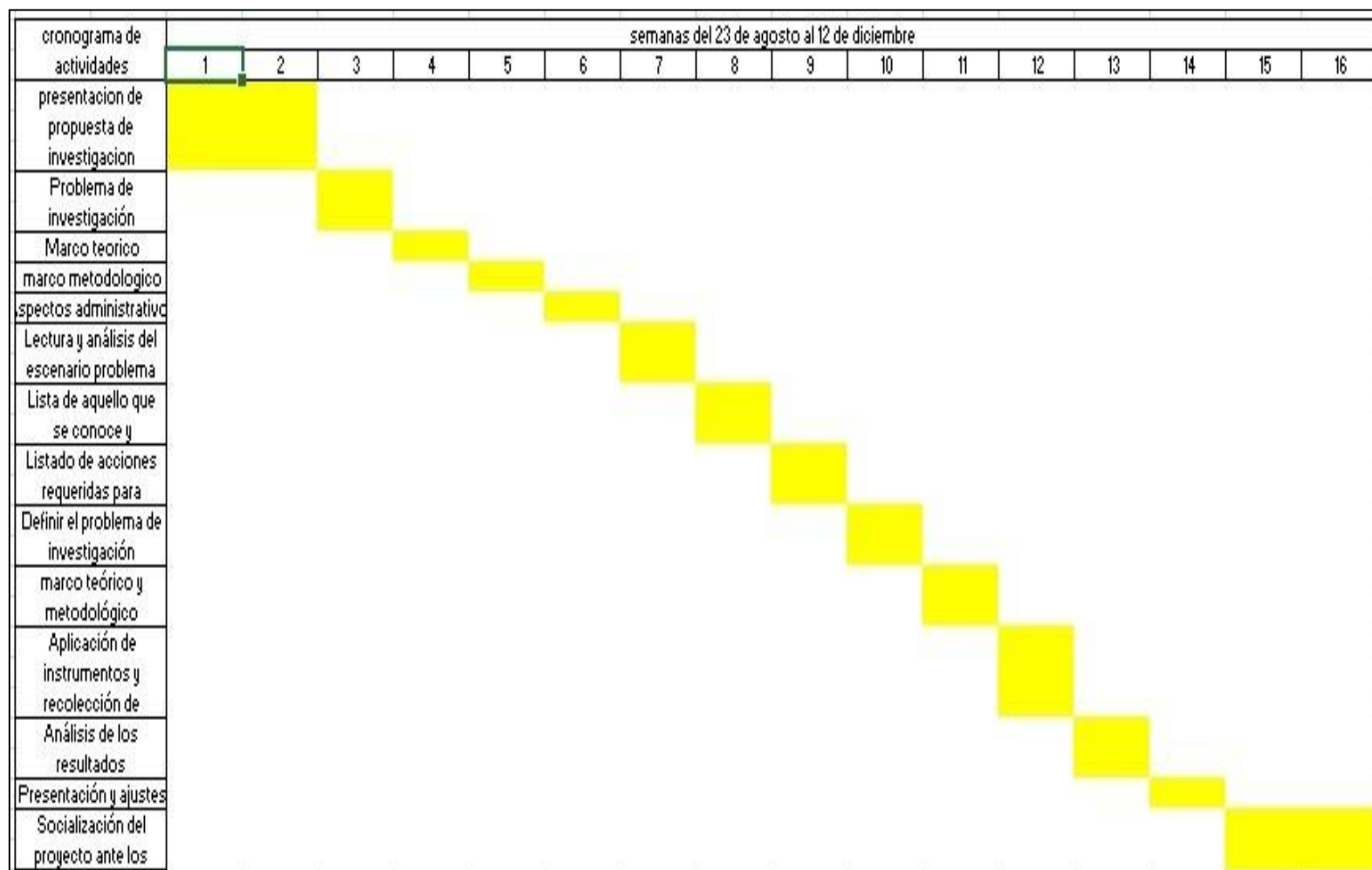


Ilustración 26. Descripción cronograma de actividades del proyecto

Tabla 5

Descripción de los recursos económicos

RECURSOS NECESARIOS		
RECURSO	DESCRIPCION	PRESUPUESTO (\$)
1. Equipo Humano	Personal Estudiantes	5.000.000
	Equipo computo	
2. Equipos y Software	Programa para análisis estadístico	3.500.000
3. Viajes y Salidas de Campo	Salidas al campo para toma de muestras	6.000.000
	Material y equipos de Laboratorio	
4. Materiales y suministros	Suministro de especie natural	12.000.000
5. Bibliografía	Procedimientos para análisis del agua residual	100.000
TOTAL		\$ 26.600.000

11. Análisis de datos y discusión de resultados

11.1. Resultados

Los resultados obtenidos en esta investigación surgen a partir de la adición de la dosis de los coagulantes naturales en las aguas contaminadas de las piscícolas, que a su vez determinan las características y las propiedades fisicoquímicas en el tratamiento logrando permitir y establecer dosis óptimas de coagulantes que se pueden añadir al tratamiento de las aguas residuales.

Podemos evidenciar el desplazamiento de la estabilidad de la turbiedad, el color y oxígeno disuelto con la disminución del punto de carga cero a medida que se va aumentando o reduciendo la dosis, el comportamiento de las partículas cambia según su concentración

Es importante tener en cuenta el cumplimiento de los límites permisibles, debido a que estos son indicadores que refleja la contaminación de la fuente y se encuentran respaldados por entidades organizaciones ambientales que verifican el cumplimiento de la norma y su uso en la actividad.

Una de las ventajas que tiene el uso del coagulante a partir de la especie natural nopal es que esta tiene minerales benéficos para el ser humano y el entorno (Villabona Ortiz, Paz, & Martínez García, Caracterización de la *Opuntia ficus-indica* para su uso como coagulante natural, 2013) capaz de reducir el impacto ambiental.

La dosis identificada solo sería recomendada para fuentes de agua que tengan las mismas características fisicoquímicas identificadas en la fuente tratada durante el proceso de ensayo de la investigación.

12. Bibliografía

- Aguilar, M. I., Saéz, J., Lloréns, M., Soler, A., & Ortuño, J. F. (2002). *Tratamiento físico-químico de aguas residuales: coagulación-floculación*. España: Universidad de Murcia. Obtenido de <https://books.google.es/books?id=8vIQBXPvhAUC&lpg=PA17&ots=cjSQcTtkC1&dq=Las%20part%C3%ADculas%20coloidales%20son%20sometidas%20a%20fuerzas%20de%20atracci%C3%B3n%20de%20Van%20der%20Waals%20estos%20son%20factores%20de%20inestabilidad%20ya%20que%20son%20mov>
- Asrafuzzaman, M. D., Fakhruddin, A. N., & Alamgir, M. D. (2011). Reduction of Turbidity of Water Using Locally Available Natural Coagulants. *ISRN Microniology*.
- Bohorquez Giraldo, L., & Ruiz Suárez, E. (2015). La importancia del plan de manejo ambiental para la formulación de estrategias de aprovechamiento industrial y económico de los residuos de la cadena piscícola ; The importance of the environmental management plan for the formulation of strategies for the. <http://search.ebscohost.com/bibliotecavirtual.unad.edu.co/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.76ADA54B&lang=es&site=eds-live&scope=site>, 16. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10654/6256>
- Bravo Gallardo, M. (2015). 2. COAGULANTES Y FLOCULANTES NATURALES USADOS EN LA REDUCCIÓN DE TURBIDEZ, SÓLIDOS SUSPENDIDOS, COLORANTES Y METALES PESADOS EN AGUAS RESIDUALES. *Monografía*. Bogota, Colombia: UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS.

El ministro de Agricultura y Desarrollo Rural, A. V. (13 de 12 de 2018). Con crecimiento de 24%, la piscicultura jalona exportaciones agropecuarias: MinAgricultura. (M. d. Rural, Entrevistador)

El Presidente de la República de Colombia. (25 de Julio de 1994). DECRETO 1584 . *por el cual se reglamenta la clasificación y la calificación en el registro de proponentes y se dictan otras disposiciones*. Bogotá, Bogotá, Colombia: Minjusticia.

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. (26 de 08 de 2019). DECRETO 1076 DE 2015. *Decreto 1076 de 2015 Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Bogotá, Bogotá, Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

FEDEACUA. (23 de 06 de 2017). *fedeacua.org*. Obtenido de *fedeacua.org*: www.fedeacua.org/programas/ Consultado 23/jun/2017

Gobernacion del Huila. (2018). *Huila se prepara para aumentar exportaciones piscícolas*. Neiva: Gobernacion del Huila. Obtenido de <https://www.huila.gov.co/publicaciones/7928/huila-se-prepara-para-aumentar-exportaciones-piscicolas/>

Grajales Hahn, S., Hahn Von, C., & Grajales Quintero, A. (2018). REPORTE DE CASO DE Aeromonas salmonicida EN TILAPIA NILÓTICA (*Oreochromis niloticus*) EN CALDAS, COLOMBIA. (Spanish). *BOLETÍN CIENTÍFICO CENTRO DE MUSEOS MUSEO DE HISTORIA NATURAL*, 76-85. Obtenido de <http://eds.b.ebscohost.com/bibliotecavirtual.unad.edu.co/eds/detail/detail?vid=9&sid=3f6e2018-71bd-461f-baa4->

8ee86eb1fe8e%40sessionmgr103&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2
ZSZzY29wZT1zaXRl#AN=129598457&db=edb

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. (2015). *El ICA establece medida de prevención sanitaria por mortandad de peces en la represa de Betania*. Bogotá: ICA. Obtenido de INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO ICA: <https://www.ica.gov.co/noticias/pecuaria/2015/el-ica-establece-medida-de-prevencion-sanitaria-po>

Instituto Colombiano Agropecuario ICA. (2019). *El ICA establece medidas de prevención sanitaria por mortandad de peces en la represa de Betania*. Bogotá: ICA. Obtenido de <http://www.ica.gov.co/Noticias/Pecuaria/2015/El-ICA-establece-medida-de-prevencion-sanitaria-po.aspx>

J. Sanches, M., J. Beltran, H., & J. A., P. (2011). IMPROVEMENT OF THE FLOCCULATION. *abeq*, 7.

Medina, M., & Gonzales, Y. (2019). *Modelo de gestión por procesos para el seguimiento, monitoreo y control de proyectos de inversión en la Gobernación del Cesar*. Cesar: Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.

Perez, M., Hurtado, I., Restrepo, S., Bonilla, S., Calderón, H., & Ramires, A. (01 de Julio de 2017). Water footprint measure method for tilapia, cachama and trout production: study cases to Valle del Cauca (Colombia). *Ingeniería y Competitividad, Volumen 19, No. 2*, 109 - 120 .

Presidente de la Republica de Colombia. (26 de 08 de 2019). Decreto 1076 de 2015.

Decreto 1076 de 2015 Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, Bogotá, Colombia: Función Publica.

Viillabona Ortiz , A., Paz, I. C., & Garcia Martinez, J. (2013). Caracterización de la Opuntia ficus-indica para su uso como coagulante natural. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 137-144.

Villabona Ortiz, A., Paz, I. C., & Martinez García, J. (2013). Caracterización de la Opuntia ficus-indica para su uso como coagulante natural. *Revista Colombiana de Biotecnología* , 137-144.