

**DIAGNÓSTICO DE LOS PROCESOS DE BIOREMEDIACIÓN CON MUCILAGO
DE SÁBILA, EN LAS AGUAS DEL CAÑO COLA DE PATO, CEAD ACACIAS,
META.**

PROPUESTA DE TRABAJO DE GRADO

DIANA MARCELA PEÑA

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA (UNAD)

**ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO
AMBIENTE**

TECNOLOGIA EN SANEAMIENTO AMBIENTAL

ACACIAS, META. OCTUBRE DE 2019

**DIAGNÓSTICO DE LOS PROCESOS DE BIOREMEDIACIÓN CON MUCILAGO
DE SÁBILA, EN LAS AGUAS DEL CAÑO COLA DE PATO, CEAD ACACIAS,
META.**

DIANA MARCELA PEÑA CUY

**Propuesta de grado presentada como requisito parcial para optar al Título de
Tecnólogo en Saneamiento Ambiental**

Director:

Ángela Patricia Álvarez Rodríguez

Ingeniera Ambiental y Sanitaria

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA (UNAD)

**ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO
AMBIENTE**

TECNOLOGIA EN SANEAMIENTO AMBIENTAL

ACACIAS, META. OCTUBRE DE 2019

DEDICATORIA:

Este trabajo de grado lo dedico a mi hija Orianna Suarez por ser mi motivación más grande para sacar mi carrera adelante, por entender las veces que puse mi carrera antes que a ella para poder cumplir cada una de las metas propuestas para llegar hasta donde llegué y así crecer profesionalmente. A la segunda persona más importante en mi vida mi Esposo Joaquín Suarez por su esfuerzo y sacrificio durante mi preparación profesional, por ser mi guía y mi apoyo en los momentos difíciles tanto personales como profesionales.

AGRADECIMIENTOS:

Agradezco a mi hija y esposo por estar a mi lado en cada uno de los momentos más difíciles durante este proceso y gracias por ser esa motivación para seguir y levantarme en cada momento donde creía no alcanzar esta meta tan grande.

Agradezco a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD por haberme aceptado para cumplir mi meta más grande de ser la primera integrante de mi familia en obtener un título profesional, al igual agradezco a cada uno de los docentes que hicieron parte de mi trayecto de aprendizaje y por último y no menos importante agradezco a mi directora de tesis la Ingeniera Ambiental Ángela Patricia Álvarez y al Ingeniero Químico Wilson Ávila por brindarme su asesoría y conocimientos durante los ensayos realizados para este proyecto aplicado.

RESUMEN

Por el CEAD de Acacias, pasa un caño llamado Cola de pato, que se encuentra con problemas ambientales; dichas aguas se han visto afectadas por diferentes actividades tales como la ganadería, agricultura, piscicultura y porcicultura, que están arrojando en mínima concentraciones, al caño.

Por medio de un diagnostico con el mucilago de sábila (Aloe Vera) y mediante los parámetros fisicoquímicos como (turbidez, cloruros, alcalinidad, dureza total, dureza cálcica, calcio, pH y hierro), se determinará la efectividad en la remoción. Al igual se realizará una comparación de resultados de las investigaciones hechas anteriormente por estudiantes de la UNAD CEAD Acacias, y los resultados arrojados en el presente proyecto, dichas investigaciones fueron realizadas por Melo-Turriago,2012 (quienes realizaron un proceso de biorremediación con moringa oleífera como agente coagulante para procesos de depuración y purificación en aguas), y Jimenez-Vargas,2015 (proceso de Fitorremediación con pasto vetiver).

Luego de realizar el análisis de la efectividad del mucilago de sábila se presentará un informe del problema que presenta el caño cola de pato y la comparación de los resultados de anteriores investigaciones de los estudiantes de la escuela de ciencias agrícolas pecuarias y del medio ambiente – UNAD.

Palabras Claves: Biorremediación, Fitorremediación, Mucilago, Sábila, Fisicoquímicos, Aguas residuales.

ABSTRACT

Through the Acacias CEAD, the duck's tail pipe passes, which meets an environmental problem, these waters have been affected by different activities such as livestock, agriculture, fish farming and pig farming, which are throwing minus some discharges to the pipe.

By means of a diagnosis with aloe Vera mucilage and by physicochemical parameters such as turbidity, chlorides, alkalinity, total hardness, calcium hardness, calcium, pH and iron, the effectiveness of the elimination will be determined. Likewise, a comparison will be made of the results of the investigations previously carried out by the students of Acacias UNAD CEAD, and the results obtained in the present project. These Research were carried out by Melo -Turriago, 2012 (who carried out a bioremediation process with moringa oleífera as a coagulating agent for water purification and purification processes) and Jimenez-Vargas, 2015 (phytoremediation process with vetiver grass).

After performing the analysis of the effectiveness of the aloe mucilage, a report of the problem presented by the ducktail tube and the comparison of the results of previous research of the students of the school of agricultural sciences and the environment of the UNAD - CEAD Acacias.

Keywords: bioremediation, Phytoremediation, Mucilage, aloe, physicochemical, Wastewater.

CONTENIDO

ÍNDICE DE IMÁGENES.....	7
ÍNDICE DE GRAFICAS.....	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	8
INTRODUCCION.....	9
1. CAPITULO I ENFOQUE GENERAL.....	10
1.1. ANTECEDENTES	10
1.2. ALCANCE.....	11
1.3. JUSTIFICACIÓN – PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.4. OBJETIVOS	13
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	13
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
1.5. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	13
2. CAPITULO II MARCO TEÓRICO	16
2.1. GENERALIDADES	16
2.2. AGUA.....	18
2.2.1. TIPOS DE CONTAMINANTES EN EL AGUA.....	18
2.2.2. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	20
2.2.3. TRATAMIENTO DE AGUAS	23
2.2.4. SABILA (ALOE VERA).....	24
3. CAPITULO III CONSIDERACIONES PREVIAS AL PROCESO	25
3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO PROPUESTO.....	26
3.2. VALORES ADOPTADOS DE ESTUDIO PREVIO	26
3.2.1. COMPARATIVO DE RESULTADOS INICIALES DE ESTUDIOS PREVIOS	27
3.3. VALORES NORMATIVOS DE VERTIMIENTOS	29
3.4. SELECCIÓN DEL CAUDAL PARA DISEÑO	30
3.4.1. BATIMETRIA	30
3.4.2. GEOMETRIA DE LA FUENTE HIDRICA	32

3.4.3. MEDICIÓN DEL CAUDAL.....	33
3.4.3. TIPO DE MUESTREO	34
3.5 PROCEDIMIENTO DE PREPARACION DE MUCILAGO.....	35
4 CAPITULO IV COMPROBACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS.....	37
4.1 COMPARACION DE RESULTADOS PREVIOS CON VALORES ADMISIBLES	37
4.1.1. GRAFICAS COMPARATIVAS DE ANÁLISIS INICIALES.....	38
4.2 ANALISIS DE PRUEBAS Y DOSIFICACION IDEAL MENDIANTE ENSAYO VISUAL	40
4.2.1. PRUEBAS DE JARRAS	40
4.2. PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN DE MUCILAGO	41
4.3 RESULTADOS OBTENIDOS MEDIANTE LA DOSIFICACION IDEAL.....	45
4.4 ANALISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS CON EL PROCESO DE BIORREMEDIACION.....	46
4.4. COMPARATIVOS FINAL DE ESTUDIOS PREVIOS	56
4.4.1. ANALISIS Y PROPUESTA DEL MEJOR AGENTE DE REMEDIACION	57
5 CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
5.1 CONCLUSIONES	60
5.2 RECOMENDACIONES.....	61
6 CAPITULO VI: BIBLIOGRAFÍA.....	62
6.1 BIBLIOGRAFÍA	62
CAPITULO 7: ANEXOS	65
7.1. ENSAYOS REALIZADOS EN LA ZONA DEL PROYECTO	65
7.2. RESULTADOS DE LABORATORIO	67
7.2.1. RESULTADOS DE PARAMETROS FISOCOQUIMICOS Y MICROBIOLOGICOS INICIALES	67
7.2.2. RESULTADOS DE PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLOGICOS CON PROCESO DE BIORREMEDIACION UTILIZANDO EL MUCILAGO DE ALOE VERA.....	68

ÍNDICE DE IMÁGENES

Ilustración 1 Mapa Geográfico de Acacias - Meta	14
Ilustración 2 Caño Cola de Pato.....	14
Ilustración 3 Siembra de Sábila para Proyecto de Investigación	25
Ilustración 4 Nivelación de Equipo de topografía.....	31
Ilustración 5 Toma de lecturas para niveles	31
Ilustración 6 Geometría para toma de caudal caño cola de pato.....	32
Ilustración 7 Pimpones para Medición de Caudal.....	33
Ilustración 8 Toma de muestras	35
Ilustración 9 Preparación de la Sábila para Corte.....	36
Ilustración 10 Cristales de la Sábila.....	36
Ilustración 11 Floculador para Test de Jarras	40
Ilustración 12 Toma de muestra para proceso de biorremediación	41
Ilustración 13 Medida para dosificación de sábila.....	42
Ilustración 14 Adición del mucilago de sábila en cada muestra.....	42
Ilustración 15 Muestra final en reposo	43
Ilustración 16 Turbidímetro y pH metro.....	43
Ilustración 17 Muestras finales con proceso de remediación.....	44
Ilustración 18 Reconocimiento de la Zona del Proyecto	65
Ilustración 19 Instalación y Calibración de Equipo de Topografía.....	65
Ilustración 20 Medición de Secciones del Caño para Diseño de Batimetría	66
Ilustración 21 Puntos de Secciones para Diseño de Batimetría	66
Ilustración 22 Puntos de Secciones para Diseño de Batimetría	66

ÍNDICE DE GRAFICAS

Grafica 1 Resultados Iniciales sin Proceso de Remediación.....	28
Grafica 2 Valores iniciales VS Valor Admisible.....	38
Grafica 3 Valores iniciales VS Valor Admisible.....	39
Grafica 4 Valores Finales VS Valor Admisible (color).....	46
Grafica 5 Valores Finales VS Valor Admisible (PH).....	47
Grafica 6 Valores Finales VS Valor Admisible (conductividad).....	47
Grafica 7 Valores Finales VS Valor Admisible (turbiedad).....	48
Grafica 8 Valores Finales VS Valor Admisible (cloro residual libre)	49
Grafica 9 Valores Finales VS Valor Admisible (calcio)	49
Grafica 10 Valores Finales VS Valor Admisible (cloro total).....	50
Grafica 11 Valores Finales VS Valor Admisible (magnesio).....	51
Grafica 12 Valores Finales VS Valor Admisible (alcalinidad).....	51
Grafica 13 Valores Finales VS Valor Admisible (nitratos)	52
Grafica 14 Valores Finales VS Valor Admisible (nitritos)	53

Grafica 15 Valores Finales VS Valor Admisible (hierro).....	54
Grafica 16 Valores Finales VS Valor Admisible (solidos disueltos totales).....	54
Grafica 17Valores Finales VS Valor Admisible (E. coli)	55
Grafica 18 Valores Finales VS Valor Admisible (coliformes totales)	56
Grafica 19 Resultados finales con proceso de remediación	57
Grafica 20 Porcentaje de remoción.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1Resultados Iniciales sin Proceso de Remediación.....	28
Tabla 2 Tipos de Material Encontrados en Fuentes Hídricas	34
Tabla 3 resultados de análisis fisicoquímico y microbiológicos iniciales	37
Tabla 4 Resultados para selección de dosis optima	44
Tabla 5 Resultados Finales con Proceso de Biorremediacion.....	45
Tabla 6 Comparativo valores iniciales, finales y admisibles (color).....	46
Tabla 7Comparativo valores iniciales, finales y admisibles (PH)	47
Tabla 8 Comparativo valores iniciales, finales y admisibles (conductividad)	48
Tabla 9 Comparativo valores iniciales, finales y admisibles (turbiedad)	48
Tabla 10 Comparativo valores iniciales, finales y admisibles (cloro residual libre)	49
Tabla 11Comparativo valores iniciales, finales y admisibles (calcio).....	50
Tabla 12 Comparativo valores iniciales, finales y admisibles (cloro total).....	50
Tabla 13 Comparativo valores iniciales, finales y admisibles (magnesio)	51
Tabla 14 Comparativo valores iniciales, finales y admisibles (alcalinidad)	52
Tabla 15 Comparativo valores iniciales, finales y admisibles (nitratos)	52
Tabla 16 Comparativo valores iniciales, finales y admisibles (nitritos)	53
Tabla 17 Comparativo valores iniciales, finales y admisibles (hierro).....	54
Tabla 18 Comparativo valores iniciales, finales y admisibles (solidos disueltos totales)	55
Tabla 19 Comparativo valores iniciales, finales y admisibles (E. coli)	55
Tabla 20 Comparativo valores iniciales, finales y admisibles (coliformes totales)	56
Tabla 21 Comparativo final de estudios previos	57
Tabla 22 Resultados finales con proceso de remediación y porcentaje de remoción... 57	57

INTRODUCCION

El presente trabajo expone una de las grandes problemáticas en la actualidad que es la contaminación del recurso hídrico el cual genera la degradación de los ecosistemas, esta afectación se produce por aguas residuales, residuos industriales, la escorrentía agrícola, urbana y la provocada por los efluentes de fábricas, así como la acumulación de sedimentos.

Pese a estas actividades en muchos casos es imposible eliminar las afectaciones causadas a los recursos hídricos ya que los seres humanos la precisan tanto para realizar sus labores personales y domésticas como para la producción de bienes y servicios.

El Municipio de Acacias - Meta, realiza diferentes actividades las cuales ayudan a que la calidad del agua se vea afectada estas son; actividades agrícolas, pecuarias, acuícolas, forestales, domesticas e industriales. La afectación de cada una de ellas produce inestabilidad en el ecosistema hídrico.

El caño cola de pato es considerado como un proveedor importante agua para el Municipio de Acacias, el cual se ha visto afectado por vertimientos generados desde la colonia agrícola, esta es una entidad pública adscrita al instituto nacional penitenciario y carcelario, ellos se abastecen de las aguas que pasan por el caño, realizan actividades humanas, agrícolas, acuícolas, pecuarias y posterior a esto se realizan vertimientos aguas abajo generando aumento de carga de carga contaminantes y cambios negativos en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

Aguas abajo se encuentran las instalaciones de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD la cual quiere hacer reutilización de estas aguas para aprovechamiento agrícola y consumo no humano.

Sin embargo, el objetivo de este proyecto aplicado es utilizar el Aloe Vera como método artesanal de biorremediación en tratamiento de aguas superficiales con el fin de remover el material suspendido y evaluar su efectividad en cuanto a la mejora de sus parámetros fisicoquímicos, por otro lado, se realizará un diagnóstico para demostrar la efectividad de dicha planta con otros procesos realizados por el grupo de investigación de la universidad.

1. CAPITULO I ENFOQUE GENERAL

1.1. ANTECEDENTES

Colombia cuenta con un promedio de 114 millones de hectáreas en las cuales 0.19 % es para uso agrícola y un 0.13 % para uso ganadero y actividades de pastoreo, esos valores son los que se deberían usar para lograr un equilibrio de uso del suelo, pero en realidad por la extensa ganadería que no es controlada se usa el 0.30% que equivale a unos 34 millones de hectáreas para estos fines. La cría de animales para el consumo humano y el sector agrario está generando daños en los recursos hídricos como el vertimiento de nitrato, fosfato, pesticidas y con el pasar del tiempo han surgido nuevos contaminantes en forma de fármacos como los antibióticos y hormonas que se emplea en la ganadería las cuales aquí en Colombia no se está empleando con el conocimiento suficiente y este tipo de sustancias suelen contaminar el agua y los ecosistemas que también hacen contacto con el ser humano y genera daños a la salud.[Delgado. P 2015]

Se puede evidenciar que en Colombia la ganadería y la agricultura son dos actividades que generan un gran porcentaje de contaminación en las fuentes hídricas que se causa por medio de escorrentías del uso de diferentes sustancias o descargas directas de aguas residuales que afectan los parámetros fisicoquímicos que componen el agua. El departamento del Meta es conocido por su actividad agropecuaria ya que es su principal fuente económica, por otro lado, cuenta con una gran diversidad de ecosistemas y una red hídrica que se caracteriza por ser dendrítica debido al relieve particular e cordillera y serranía, adicionalmente a esto la precipitación son un factor que originan numeroso y caudaloso ríos y por ende diferentes tipos de fuente como caños, aguas subterráneas, aguas superficiales entre otras que rodean todo el departamento del meta.

El Municipio de Acacias se encuentra localizado en el departamento del Meta. Es uno de los Municipios más importantes de este departamento no solo por su población e importancia económica, también por su gran tesoro cultural que hay en ella. Las principales fuentes de Economía del Municipio de Acacias son la Agricultura y la ganadería como también la minería y la explotación petrolera que han adquirido últimamente gran importancia.

Las fuentes hídricas de este Municipio se han visto afectadas por las actividades agropecuarias, vertimientos de aguas residuales y actividades petroleras. El caso puntual de estudio es el caño cola de pato que recorre partes del centro poblado centro Acacias, nace desde la vereda la palma y desemboca al río acacias en la parte ubicada en la vereda montelíbano. Esta fuente superficial que recorre los predios pertenecientes a la UNAD se ha visto afectada por diferentes vertimientos de predios aledaños y de las actividades económicas que rodean este sector.

1.2 ALCANCE

- Reconocimiento de la zona para identificar el uso del recurso hídrico en los predios aledaños a la fuente.
- Identificar los parámetros fisicoquímicos mediante una toma de muestras de agua, del caño cola de pato para conocer sus características.
- Comparar los parámetros obtenidos en las pruebas fisicoquímicas con los parámetros estándar de acuerdo a la resolución 631 de 2015.
- Realizar un comparativo de los resultados fisicoquímicos arrojados con los valores admisibles normativos¹.
- Identificar las diferentes causas por las cuales se ve afectado el recurso hídrico del caño cola de pato.
- Implementar un prototipo piloto de biorremediación para mejorar los parámetros fisicoquímicos del recurso hídrico
- Comparar los resultados finales de los parámetros fisicoquímicos obtenidos después de la aplicación del proceso de biorremediación, con los valores normativos de vertimientos en fuentes superficiales y con los resultados obtenidos en anteriores investigaciones².

¹ Comparación con los valores admisibles exigidos en la resolución 631 de 2015

² [melo-turriago,2012] y [jimenez-vargas,2015]

1.3 JUSTIFICACIÓN – PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Colombia es un país con una gran riqueza natural, se encuentra ubicado en el territorio continental de América del Sur en la parte noroccidental esta sobre la línea ecuatorial, en plena zona tórrida y la mayor parte de su extensión se encuentra en el hemisferio norte. Gracias a esta ubicación geográfica hace de Colombia un país privilegiado pues también se encuentra ubicado en el hemisferio sur que lo convierte en el único país de América del sur que se encuentra de cara con el océano atlántico y el océano pacífico.

Por otro lado, Colombia es atravesado por una serie de montañas que son consideradas las más importantes del mundo como lo es la cordillera de los andes y la selva amazónica, haciendo de Colombia en un paraíso de biodiversidad incomparable en comparación con otros países del mundo, así mismo le sumamos las condiciones del terreno las cuales presentan una precipitación anual de más de 3000 mm promedio al año, lo cual representa una significativa abundancia hídrica comparada con el nivel promedio de lluvias mundial que es de 900 mm al año y con el de Sur América que solo llega a los 1600 mm al año.

El departamento del Meta cuenta con una gran presencia de fuentes hídricas ya que cuenta con la serranía de la macarena y la cordillera oriental, esto hace que se genere un comportamiento estacional de precipitaciones las cuales originan numerosos y caudalosos ríos los cuales se destacan el Meta, Gabarra, Duda, Manacacías, Yucao, Guatiquía, Guayuriba, Ariari, Guacabía y Guaviare, río que en la sur marca límite con el departamento de Guaviare. Todos estos ríos desembocan en el río Orinoco.

En el Municipio de Acacias Meta podemos encontrar que sus fuentes hídricas se ven afectadas por la industria petrolera y por diferentes actividades humanas el caso en concreto hablaremos de caño cola de pato donde ha venido presentando colmatación con materia orgánica y por diferentes vertimientos que causan cambios fisicoquímicos en el agua, este tipo de contaminación es generada por el Instituto Nacional Penitenciario y Carcelario INPEC y los predios aledaños a esta fuente hídrica los cuales realizan actividades, agrícolas, pecuarias, y domésticas. En donde los vertimientos de aguas residuales sin algún tratamiento eficiente vertimientos pueden ir aumentando paulatinamente sus parámetros fisicoquímicos.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

- Diagnosticar el proceso de Biorremediación con mucilago de Sábila, en las aguas del caño Cola de pato, CEAD Acacias - Meta mediante prototipo piloto

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mediante parámetros fisicoquímicos analizar la eficiencia del mucilago de sábila como proceso de biorremediación.
- Comparar los resultados obtenidos en la presente investigación con los resultados obtenidos con los procesos de remediación utilizados por [melo-turriago,2012] y [jimenez-vargas,2015]
- Proponer el mejor agente orgánico utilizado en el presente informe de acuerdo a procedimiento, costo y beneficio.

1.5 DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

Acacias Limita al norte con Villavicencio, al oriente con San Carlos de Guaroa, al sur con Guamal y Castilla la Nueva y al occidente con el departamento de Cundinamarca, hace parte de los llanos orientales y está bastante cerca de la cordillera oriental, ramal de la cordillera de los Andes, lo que hace que su clima pueda variar en diferentes meses del año.

La zona urbana de acacias cuenta con 97 barrios y urbanizaciones, en las zonas rurales cuenta con 48 veredas en las que se incluye Chichimene, Dinamarca y Manzanares, antiguas inspecciones de policía. Las tierras de esta municipalidad están bañadas por las aguas de los ríos: Acacias, Acaciítas, Guayuriba, Sardinata y Orotoy, así como por los caños Playón, Cola

Las aguas grises que se descargan en este caño pueden ser reutilizadas para riegos, pero también se pudo observar que en uno de los predios aledaños a la zona no cuenta con una buena conexión al sistema de alcantarillado pues en medio de sus descargas existen escorrentías de aguas negras (inodoros y orinales), al igual se tiene en cuenta que en la Colonia Agrícola realizan actividades destinadas a proyectos agropecuarios en esta zona.

Además se encuentran los campamentos de baja seguridad de la penitenciaria y esto hace que su aporte de aguas negras y grises aumente pues tiene capacidad para un promedio de 450 internos, más 50 funcionarios⁶, esta cantidad puede aumentar al triple los fines de semana ya que son los días donde los internos reciben sus visitas esto hace que aumente la carga de vertimientos de aguas residuales, el prototipo piloto se ejecutara en Caño Cola de Pato en el tramo delimitado a los predios pertenecientes a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD – CEAD Acacias.

⁶ Fuente: investigación propia realizada por funcionario del INPEC

2 CAPITULO II MARCO TEÓRICO

2.1 GENERALIDADES

Es importante entender la cantidad de vida acuática que puede ser destruida debido a la contaminación del agua, ya que existe muchas formas de vida y en el caso de las poblaciones aledañas que depende de estas fuentes se verán afectadas tanto en salud, como a nivel económico.

El agua siempre se ha constituido como un recurso vital para la subsistencia de la humanidad, el hombre en un principio sólo la usaba como fuente líquida y también para el regadío, y al pasar el tiempo incrementaron las actividades económicas humanas las cuales han desviado el concepto de la importancia de este recurso por medio del aumento de vertimientos y escorrentías que genera la agricultura, piscicultura, porcicultura, ganadería y las actividades domésticas. Es por esta razón que existen diferentes normativas que permiten conocer la calidad del agua en parámetros fisicoquímicos y los vertimientos admisibles de los mismos.

[CONSTITUCION POLITICA, 1991]⁷La Constitución Política de 1991 consagró el derecho de todas las personas a gozar de un ambiente sano y la protección del patrimonio natural como una función tanto del Estado como de los ciudadanos. Uno de los aportes de mayor importancia de la Carta Política del 91 fue establecer en su artículo 80 que es deber del Estado prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, además de planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. De esta forma, el desarrollo sostenible se constituyó en el principio básico de la política ambiental colombiana.

[MINAMBIENTE, 2015] Resolución 0631 de marzo de 2015 por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público. Esta normativa

⁷ Artículo 80

reglamenta el artículo 28 del Decreto 3930 de 2010 respondiendo a la nueva realidad urbana, industrial y ambiental del país. Esta permite el control de las sustancias contaminantes que llegan a los cuerpos de agua vertidas por 73 actividades productivas presentes en ocho sectores económicos del país. A partir de lo dispuesto en esta Resolución la medición de las sustancias contaminantes se realizará en mg/L y no en kg día, como se venía haciendo con el Decreto 1594 de 1984 esto permite contar con parámetros fijos a cumplir según la actividad productiva.

[H. RAMIREZ, J. JARAMILLO, 2015] La falta de agua potable en países en vía de desarrollo representa un problema cada día más grande a nivel mundial, por lo que es necesario buscar nuevas y eficientes alternativas que brinden la posibilidad de mejorar la calidad del agua para el consumo humano que sea de fácil acceso y consecución para las poblaciones marginales. Los procesos de coagulación y floculación permiten la remoción de partículas suspendidas y coloidales (turbidez). La materia prima propuesta para el tratamiento del agua se extrae de la naturaleza sin ningún proceso invasivo; de esta manera se rompe el paradigma de la exclusividad de los productos químicos industriales tales como el sulfato de aluminio y el sulfato férrico para tratar el agua y se abre la posibilidad a nuevas tecnologías a bajo costo, inocuas para la salud humana y respetuosa con el medio ambiente. Esta revisión sirve como base para conocer los agentes naturales y sus principales aplicaciones en el tratamiento del agua. Como resultado se obtiene que los dos agentes naturales más estudiados y utilizados a nivel mundial y que presentan gran capacidad en los procesos de coagulación del agua son la *Moringa oleífera* y diferentes tipos de cactus; siendo una alternativa ambientalmente sostenible para poblaciones que no puedan acceder al agua debido a su situación socioeconómica. Además, algunos de los agentes presentados en esta revisión pueden emplearse para el proceso de desinfección debido a su actividad antimicrobiana, estando estos agentes en etapa previa de estudios con el fin de poder reducir el uso de los halógenos (cloro, bromo yodo, flúor) en el proceso de desinfección.

2.2. AGUA

El agua es un compuesto básico vital e insustituible con características ideales para el funcionamiento del componente biótico, es por esto que es de gran importancia al igual que su ciclo hidrológico pues con él ocurren una serie de procesos en los cuales la naturaleza hace absorción de la misma y por medio de esto ocurren las escorrentías a las diferentes fuentes hídricas que alimentan los diferentes almacenamientos de agua que existen en el mundo. Por lo tanto, es un elemento importante para la naturaleza y para el ser humano pues sin él sería imposible la actividad del hombre.

Las aguas superficiales son, evidentemente, más susceptibles de ser alteradas que las subterráneas, las cuales están protegidas por el mismo suelo, en mayor o menor grado, dependiendo de las características de éste y, particularmente, de su porosidad. No obstante, las aguas de pozo, aunque generalmente más claras, tienen altas cargas de minerales como hierro y manganeso, así como altos contenidos de anhídrido carbónico proveniente del lavado del CO₂ atmosférico, lo que además la hace presentar valores bajos de pH por la conversión de este gas en ácido carbónico. Las aguas lluvias pueden también estar contaminadas con gases y residuos químicos contaminantes presentes en la atmósfera y las aguas de mar presentan elevados niveles de cloruro de sodio (sal) que dificultan su aprovechamiento. De esta manera, el agua en la naturaleza presenta una notable variabilidad en su calidad, lo cual exige un conocimiento profundo de sus características para identificar, con certeza, los tratamientos más apropiados que deben ser aplicados para mejorarla hasta hacerla apta para su consumo. [LOZANO, RIVAS Y BRAVO 2015]⁸

2.2.1. TIPOS DE CONTAMINANTES EN EL AGUA

Las fuentes de agua son contaminadas por diferentes actividades humanas, domésticas, industriales o agropecuarias. Estos vertimientos contienen compuestos minerales, orgánicos, contaminación microbiológica y contaminación térmica. Cuando

⁸ Potabilización del agua: principios de diseño, control de procesos y laboratorio (Vol. Primera edición)

existen escorrentías o aumento de vertimientos de aguas y su concentración exceden ciertos niveles, la capacidad natural de Resiliencia no es suficiente para revertir las afectaciones en la calidad del agua.

2.2.1.1. CONTAMINANTES DE TIPO QUIMICO

Existen una gran variedad de productos químicos como disolventes, pesticidas, herbicidas, productos industriales, detergentes, aceites, fertilizantes y combustibles que se pueden acumular en el agua accionando una contaminación prolongada a estos se le llaman contaminantes químicos de tipo orgánico. Por otro lado, encontramos los de tipo inorgánico como metales pesados en los que se encuentran el mercurio, zinc, plomo, níquel, también se pueden encontrar sales y ácidos.

Se debe tener en cuenta que las fuentes hídricas superficiales también sufren de un enriquecimiento natural en metales pesados al atravesar acuíferos formados por rocas que los contienen en su composición.

2.2.1.2. CONTAMINANTES DE TIPO FISICO

Este tipo de contaminantes se genera por la producción de temperatura inutilizable, por parte de plantas generadoras de energía eléctrica, centrales nucleares e industrias, que de alguna forma necesitan refrigerarse y no tienen mejor idea que verter sus aguas de altas temperaturas sobre el río más cercano, provocando que el oxígeno disminuya en la misma, y perturbando el progreso de la supervivencia acuática. En los centros hidroeléctricos sucede lo mismo, con la diferencia que en vez de ser agua con elevada temperatura, es agua con muy bajas temperaturas, afectando al ecosistema de la misma manera.

2.2.1.3. CONTAMINANTES DE TIPO BIOLÓGICO

Se produce por la presencia de organismos patógenos, tales como bacterias, protozoos y virus, que tienen su origen principalmente en las aguas de tipo residuales procedentes de nuestras casas por descargas sanitarias, por otro lado, también se produce por actividades agrícolas y eliminación de residuos. Ésta aparición de microorganismos en el agua, da como

resultados enfermedades infecciosas como tifus, diarreas, gastroenteritis, cólera y hasta diversas formas de hepatitis.

2.2.1.4. *CONTAMINANTES AGRICOLAS*

La contaminación del agua por prácticas agrícolas insostenibles, el contaminante químico más común en los acuíferos subterráneos son los nitratos procedentes de la actividad agrícola, la agricultura es el mayor productor de aguas residuales, por volumen, y el ganado genera muchas más excreciones que los humanos. Los contaminantes más preocupantes para la salud humana son los patógenos del ganado, plaguicidas, nitratos en las aguas subterráneas, oligoelementos metálicos y los contaminantes emergentes, incluidos los antibióticos y los genes resistentes a los antibióticos excretados por el ganado. [FAO, 2018]

2.2.2. *PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS*

El agua contiene propiedades fisicoquímicas que se puede comportar como un magnifico disolvente en compuestos orgánicos e inorgánicos y por diferentes actividades humanas va sufriendo algún tipo de alteración en sus parámetros los cuales son:

2.2.2.1. *PARAMETROS DE CARÁCTER FISICO⁹*

- ✓ **COLOR:** El color es la capacidad de absorber ciertas radiaciones del espectro visible. Existen muchas causas y por ello no podemos atribuirlo a un constituyente en exclusiva, aunque algunos colores específicos dan una idea de la causa que los provoca, sobre todo en las aguas naturales. El agua pura es bastante incolora sólo aparece como azulada en grandes espesores. [Aznar. A, Barba. A. 2000]
- ✓ **SABOR Y OLOR:** Estos parámetros son determinaciones organolépticas y de determinación subjetiva. las aguas adquieren un sabor salado con valores de 300 ppm

⁹Gestión Ambiental 2000, vol. 2(23) pag. 12-19

de CL, salado y amargo valores de 450 ppm de SO₄, picante de CO₂, por ultimo está el olor y el sabor desagradable que son trazas de fenoles. [Aznar. A, Barba. A. 2000]

- ✓ **TURBIDEZ:** Es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión. Son muy difíciles de filtrar y pueden dar lugar a depósitos en las conducciones. [Aznar. A, Barba. A. 2000]
- ✓ **TEMPERATURA:** La temperatura afecta la química del agua y las funciones de los organismos acuáticos. [Aznar. A, Barba. A. 2000]
- ✓ **CONDUCTIVIDAD:** La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad y la resistividad es la medida recíproca. El agua pura prácticamente no conduce la electricidad; por lo tanto, la conductividad que podamos medir será consecuencia de las impurezas presentes en el agua. [Aznar. A, Barba. A. 2000]

2.2.2.2. *PARAMETROS DE CARÁCTER QUIMICO*¹⁰

- ✓ **PH:** Medida de la concentración de los iones hidrógeno. Nos mide la naturaleza ácida o alcalina de la solución acuosa. La mayoría de las aguas naturales tienen un pH entre 6 y 8. [Aznar. A, Barba. A. 2000]
- ✓ **DUREZA:** Corresponde a la suma de iones calcio y magnesio presentes en el agua. Es un parámetro muy importante para determinar el carácter incrustante de un agua. [Aznar. A, Barba. A. 2000]
- ✓ **ALCALINIDAD:** Es una medida de una propiedad agregada del agua y se puede interpretar en términos de sustancias específicas solo cuando se conoce la composición química de la muestra. [Aznar. A, Barba. A. 2000]
- ✓ **COLOIDES:** Son las partículas de muy bajo diámetro que son responsables de la turbidez o del color del agua superficial. [Aznar. A, Barba. A. 2000]

- ✓ **SÓLIDOS DISUELTOS:** Los sólidos disueltos o salinidad total, es una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua. [Aznar. A, Barba. A. 2000]
- ✓ **SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN:** Son partículas que permanecen en suspensión en el agua debido al movimiento del líquido o debido a que la densidad de la partícula es menor o igual que la del agua. La concentración de sólidos en suspensión es un valor utilizado como uno de los indicadores de la calidad del agua. [Aznar. A, Barba. A. 2000]
- ✓ **CLORUROS:** Son una de las sales que están presentes en mayor cantidad en todas las fuentes de abastecimiento de agua y de drenaje. [Aznar. A, Barba. A. 2000]
- ✓ **SULFATOS:** Son las sales o los ésteres del ácido sulfúrico. Es la sal que se obtiene a partir del ácido sulfúrico y un radical mineral u orgánico. Contienen como unidad común un átomo de azufre en el centro de un tetraedro formado por cuatro átomos de oxígeno. [Aznar. A, Barba. A. 2000]
- ✓ **NITRATOS:** Es un contaminante común que se encuentra en el agua y que puede provocar efectos nocivos si se consume en altos niveles. El nitrato es inodoro e incoloro. Bajas concentraciones de nitrato son normales, pero altas cantidades pueden contaminar nuestra fuente de agua. [Aznar. A, Barba. A. 2000]
- ✓ **FOSFATOS:** Son las sales o los ésteres del ácido fosfórico. Tienen en común un átomo de fósforo rodeado por cuatro átomos de oxígeno en forma tetraédrica. Los fosfatos secundarios y terciarios son insolubles en agua, a excepción de los de Sodio, Potasio y amonio. [Magaña. A, Guevara M. 2009]
- ✓ **FLUORUROS:** Corresponde a sales de solubilidad muy limitada, suele encontrarse en cantidades superiores a 1 ppm. [Magaña. A, Guevara M. 2009]
- ✓ **SODIO:** El sodio procede de rocas y de suelos su valor depende de las condiciones geológicas y de la contaminación por aguas residuales. [Magaña. A, Guevara M. 2009]
- ✓ **POTASIO:** Corresponde a sales de muy alta solubilidad y difíciles de precipitar. Las aguas dulces no suelen contener más de 10 ppm. [Magaña. A, Guevara M. 2009]

- ✓ **CALCIO Y MAGNESIO:** La presencia de sales de magnesio y calcio en el agua depende fundamentalmente de las formaciones geológicas atravesadas por el agua de forma previa a su captación. [Gómez 2010]
- ✓ **HIERRO:** El hierro es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre (5%). Es un metal maleable de color gris plateado y magnético.

2.2.2.3. *PARAMETROS DE CARÁCTER BIOLÓGICO*¹¹

- ✓ **DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO):** Mide la cantidad de oxígeno consumido en la eliminación de la materia orgánica del agua mediante procesos biológicos. Se mide en ppm de O₂ que se consume. [Aznar. A, Barba. A. 2000]
- ✓ **DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO):** Mide la capacidad de consumo de un oxidante químico, dicromato, permanganato, etc. Por el total de materias oxidables orgánicas e inorgánicas. Es un parámetro más rápido que el anterior ya que es de medición casi inmediata. [Aznar. A, Barba. A. 2000]
- ✓ **COLIFORMES:** Los coliformes agrupan todas las especies bacterianas que son bioquímicamente similares a la escherichia coli, estos se encuentran en las heces de los humanos y animales homeotermos. [Aznar. A, Barba. A. 2000]

2.2.3. **TRATAMIENTO DE AGUAS**

Existen distintos tipos de tratamiento de las aguas para lograr remover los contaminantes. Se pueden usar desde sencillos procesos físicos como la sedimentación, en la que se deja que los contaminantes se depositen en el fondo por gravedad, hasta complicados procesos químicos, biológicos o térmicos. Ellos se pueden clasificar según el medio de

¹¹ Gestión Ambiental 2000, vol. 2(23) pag. 12-19

eliminación de los contaminantes, según la fase de depuración y según el costo de la explotación y los que comúnmente llamamos biorremediación o Fitorremediación.

2.2.3.1. BIORREMEDIACION:

[MARK, 2013] Proceso en el que se utilizan organismos biológicos para eliminar o neutralizar un contaminante ambiental o de desecho. Este tipo de tratamiento se realiza de forma in-situ o ex-situ, la biorremediación puede usar organismos que ocurren naturalmente en un sitio o puede ser estimulada mediante la adición de organismos.

2.2.3.2. FITORREMEDIACION

[BETANCUR, MAZO, MENDOZA,2005] Proceso en el cual se utilizan plantas para remover, transferir, estabilizar, concentrar, o destruir contaminantes orgánicos e inorgánicos, este tipo de remediación se puede realizar de forma in-situ o ex-situ. Esta técnica puede tratar parámetros fisicoquímicos del agua como la turbidez, cloruros, alcalinidad, fosfatos, sulfatos, hierro, y aluminio.

2.2.4. SABILA (ALOE VERA)

Planta con al redor de 360 especies diferentes la más conocida es Aloe Chinensis, pertenece a la familia de las asfodeláceas y liliáceas, el tamaño puede alcanzar desde unos cuantos centímetros hasta los 50 cm. El parénquima, la pulpa del aloe vera, está localizado en la parte central de la hoja y representa un aproximado de 65 al 80% del peso de dicha planta. Con respecto a su composición química se ha reportado que este tipo de especies está constituida por una mezcla compleja de compuestos como antraquinonas, vitaminas, minerales, carbohidratos, enzimas, aminoácidos, lípidos y compuestos orgánicos, es capaz de reducir los radicales libres que causan las reacciones de oxidación asociados con diversos padecimientos y enfermedades, es capaz de clarificar el agua, demostrando efectividad en

cuanto a coagulación debido a la estructura molécula con la que cuenta. [Domínguez, Arzate, Chanona, Welti, Alvarado, Calderón, Garibay, Gutiérrez 2012]



*Ilustración 3 Siembra de Sábila para Proyecto de Investigación
fuente: propia*

3 CAPITULO III CONSIDERACIONES PREVIAS AL PROCESO

En el presente capítulo encontraremos la descripción de todo el proceso que se llevara a cabo para el cumplimiento de cada uno de los objetivos como primera medida se realizara un comparativo de los resultados de las muestras fisicoquímicas iniciales de los trabajos de investigación realizados por [Melo y Turriago 2012]¹², [Jiménez y Vargas 2015]¹³ y [Peña 2019].¹⁴ Para esta toma de muestras se tuvo en cuenta similares temporadas climatológicas.

Por otro lado, se realizará el análisis de la eficiencia del mucilago de sábila como proceso de remediación, con los resultados arrojados procedemos a realizar un comparativo de resultados finales de los procesos de remediación realizados anteriormente con el mismo tipo

¹² Evaluación de la eficiencia de la utilización de semillas de moringa oleífera como una alternativa de biorremediación en la purificación superficial del caño cola de pato ubicado en el sector rural del Municipio de Acacias.

¹³ Evaluación de la eficiencia del pasto vetiver para la Fitorremediación de las aguas superficiales del caño cola de pato ubicado en el sector rural del Municipio de Acacias Departamento del Meta.

¹⁴ Diagnóstico de los procesos de biorremediación con mucilago de sábila, en las aguas del caño cola de pato, cead acacias, meta.

de agua superficial del caño Cola de Pato. Finalmente, con los análisis realizados se expondrá el mejor agente orgánico que pueda generar bajos costos de inversión para su proceso de remediación.

3.1 DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO PROPUESTO

En el estudio del presente proyecto se aplicará una mezcla con aloe vera el cual tiene un contenido significativo de iones y polímeros, se observará la efectividad de floculación que tiene este agente natural y así proceder a realizar las diferentes mediciones y llegar a una dosis óptima para este proceso de biorremediación para lograr una alta eficiencia en la eliminación de la turbidez y el color, al tiempo que brinda ventajas adicionales, como un bajo costo y manejabilidad.

Para la aplicación del proceso de biorremediación se realizará la toma de muestras de forma manual y la metodología de aplicación será mediante test de jarras donde se mezclará el agente natural con el agua tomada del Caño Cola de Pato, se pondrá en mezcla rápida a 200 RPM por 15 minutos y en mezcla lenta por 10 minutos a 100 PRM

La finalidad que tiene estas aguas tratadas es para reutilización de riego de los diferentes proyectos ambientales que hay en las instalaciones de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.¹⁵

3.2 VALORES ADOPTADOS DE ESTUDIO PREVIO

Según **Melo y Turriago (2012)**, en su proyecto “Evaluación de la eficiencia de la utilización de semillas de moringa oleífera como una alternativa de biorremediación en la purificación superficiales del caño cola de pato ubicado en el sector rural del Municipio de Acacias”, propone el uso de Moringa oleífera, como coagulante primario en la depuración y clarificación de aguas, evaluando su eficiencia en el proceso de clarificación, tomando en cuenta variables como dureza y alcalinidad, la dosis óptima y tiempo de agitación, color y

¹⁵ CEAD, Acacias - Meta

DQO; para su respectivo análisis se procedió a tomar dos muestras de agua a las cuales se le aplico el coagulante vegetal en una dosis de 40 mg/L, por medio de agitación durante 15 minutos se logró observar los primeros resultados, observando gran acumulación de floculas, los cuales pueden ser decantados mediante procesos de filtración, llegando a la conclusión de reducción de turbidez en un 84.34% equivalente a la reducción de 230 NTU a 36 NTU, concluyendo que la especie de moringa oleífera puede ser considerada como un sustituto natural en el proceso de coagulación y floculación en el tratamiento de aguas turbias

Según **Jiménez y Vargas (2015)** en su proyecto “Evaluación de la eficiencia del pasto vetiver para la Fitorremediación de las aguas superficiales del caño cola de pato ubicado en el sector rural del Municipio de acacias departamento del meta” el uso del pasto vetiver obtuvieron variaciones en los parámetros medidos. El Color, los cloruros, los fosfatos, el hierro, la DQO, y DBO presentaron aumentos entre el 30 y 90%. Por su parte, la Turbidez, Conductividad, Alcalinidad, Dureza Total, Dureza Cálctica, Calcio, pH, Sulfatos, y los Coliformes Totales presentaron un porcentaje de remoción entre el 18 y el 99%. El pasto vetiver no muestra efectividad para la eliminación del aluminio en aguas, pues no hubo variaciones en este parámetro. Para este tipo de remediación hicieron un seguimiento de 15 días en los cuales obtuvieron buenos resultados en ciertos aspectos, pero lo ideal del uso del pasto vetiver es de 45 días e implementando un circuito de recirculación de agua con el fin de brindar mayor oxigenación al agua y así tener resultados más notorios en los parámetros analizados.

3.2.1. COMPARATIVO DE RESULTADOS INICIALES DE ESTUDIOS PREVIOS

A continuación, analizaremos un comparativo de parámetros fisicoquímicos de tres proyectos de investigación aplicados tratando el mismo tipo de agua tomando como referencia el caño cola de pato donde **Melo y Turriago (2012)** realizaron un proceso de biorremediación utilizando moringa oleífera como una alternativa de purificación en aguas superficiales, también tenemos el proyecto de **Jiménez y Vargas (2015)** donde realizan un

proceso de Fitorremediación con el uso de pasto vetiver comprobando la eficiencia en aguas

 superficiales, por último el objetivo del presente proyecto es realizar un proceso de

 biorremediación utilizando el mucilago de aloe vera como tratamiento de remediación para

 las aguas superficiales del caño cola de pato que pasa por las instalaciones del CEAD de

 Acacias - Meta

RESULTADOS INICIALES SIN PROCESO DE REMEDIACION				
PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	Melo y Turriago (2012)	Jiménez y Vargas (2015)	PEÑA (2019)
ph	unidades	6,4	6,68	6,3
turbidez	NTU	36,8	8,73	15,68
alcalinidad	mg/l	15,5	9	17,8
dureza total	mg/l	11,6	22	17,8
dureza calcica	mg/l	8,73	7,7	7,1
hierro	mg/l	0,80	0,37	0,54

Tabla 1 Resultados Iniciales sin Proceso de Remediación

 Fuente: propia



Grafica 1 Resultados Iniciales sin Proceso de Remediación

 Fuente: propia

Se analizaron solo 6 parámetros fisicoquímicos que son PH, turbidez, alcalinidad,

 dureza total, dureza cálcica y hierro. Para ello las muestras iniciales se tomaron en

 temporadas climáticas similares con el fin de evaluar que tanta carga contaminante tiene el

 caño en temporadas de verano pues al no haber altas lluvias los sedimentos son mayores y

 con ello se confirma que los vertimientos generados son mayores a los permisibles en la

resolución 0631 de 2015¹⁶. Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones

3.3 VALORES NORMATIVOS DE VERTIMIENTOS

En el año 2015 para la celebración del día mundial del agua el ministerio del medio ambiente y desarrollo sostenible presento una norma de vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales la cual busca reducir y controlar las sustancias contaminantes que llegan a los ríos, lagunas, cuerpos de aguas superficiales o artificiales de agua dulce para que de esta forma se pueda aportar al mejoramiento de la calidad del agua y se recuperen todas las arterias fluviales del país.

Por medio de esta norma se actualiza el decreto 1594 de 1984¹⁷ y con ella se permitirá el control de las sustancias contaminantes que llegan a los cuerpos de agua vertidas por 73 actividades productivas presentes en 8 sectores económicos del país, esta resolución es de obligatorio cumplimiento para toda persona que realice cualquier tipo de actividades industriales, comerciales o de servicios que generen aguas residuales que luego serán vertidas a cuerpos de aguas superficiales. anteriormente se realizaba una medición en kg/día, pero con esta nueva norma su medición será en mg/l, este sería uno de los cambios más importantes en cuanto a vertimientos puntuales y revisión de los valores a partir de la concentración lo cual permite tener un parámetro fijo a cumplir según la actividad productiva. [IDEAM]

Según [Gabriel Vallejo López]¹⁸ explica que al pasar del porcentaje de remoción de carga contaminante al valor de concentración se va a lograr una mayor exigencia en el control pues ya se podrá evaluar el impacto de lo que se está descargando y no la eficiencia del proceso. por otro lado, enfatizó que son las autoridades ambientales las responsables de hacer un seguimiento y control al cumplimiento de la Norma sobre quienes desarrollen actividades

¹⁶ Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

¹⁷ Uso de agua y residuos líquidos

¹⁸ Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible

industriales comerciales o de servicios y que en el desarrollo de éstas generen aguas residuales que serán vertidas sobre cuerpos de agua superficiales.

En la resolución 0631 de 2015¹⁹ por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales. para el caso del caño cola de pato la aplicabilidad de la norma se dispone en el Artículo 3° del cumplimiento de la norma de vertimientos cuando la captación y la descarga se realicen en el mismo cuerpo de agua. Cuando la captación de agua y la descarga de las aguas residuales se realicen en el mismo cuerpo de agua superficial, se procederá a realizar la sustracción del valor de la carga entre las mismas de las cantidades máxicas (kg) de los metales, metaloides y de los elementos, sustancias o parámetros considerados para la Tasa Retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales.

Para realizar lo anterior, se utilizan los balances de materia o de masa y las caracterizaciones del agua de la captación y la del vertimiento correspondiente, de acuerdo con la actividad industrial, comercial o de servicios específica. Una vez efectuada la sustracción, se realiza el cálculo del valor de la concentración del parámetro en el vertimiento puntual y se hace el respectivo control del cumplimiento de la presente resolución, de acuerdo con los límites máximos permisibles exigidos para la respectiva actividad

3.4 SELECCIÓN DEL CAUDAL PARA DISEÑO

3.4.1. BATIMETRIA

Una batimetría se refiere al levantamiento topográfico del relieve de superficies del terreno cubierto por el agua, sea este el fondo del mar o el fondo de los lechos de los ríos, caños, ciénagas, humedales, lagos, embalses, etc. es decir, la cartografía de los fondos de los diferentes cuerpos de agua. [IDEAM 2014]

¹⁹ Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Al igual que en los levantamientos topográficos convencionales, se determinan las coordenadas X, Y y Z, esta última corresponde a las profundidades de los cuerpos de agua levantados. De esta manera dependiendo del detalle con el que se lleve a cabo la batimetría, se pueden describir los fondos y el relieve de los cuerpos de agua y todas aquellas anomalías que en ellos puedan existir. [IDEAM 2014]

Las aplicaciones de los levantamientos batimétricos son muy amplias, permiten estimar los volúmenes almacenados en los cuerpos de agua y conocer la dinámica de los lechos de ríos identificando zonas de socavación y áreas de depósito, que en ocasiones puede ocasionar la formación de islas en el río; también ofrece información para la navegación en grandes ríos. [IDEAM 2014]



*Ilustración 4 Nivelación de Equipo de topografía
Fuente: propia*



*Ilustración 5 Toma de lecturas para niveles
Fuente: propia*

3.4.2. GEOMETRIA DE LA FUENTE HIDRICA

Se tomó una sección del caño y fijamos el primer punto al cual llamamos K0, seguido a esto se realizó la medición cada 5 metros para realizar los cálculos del caudal, en total se tomaron 7 secciones del caño las cuales equivalen a 30 metros desde el punto de partida

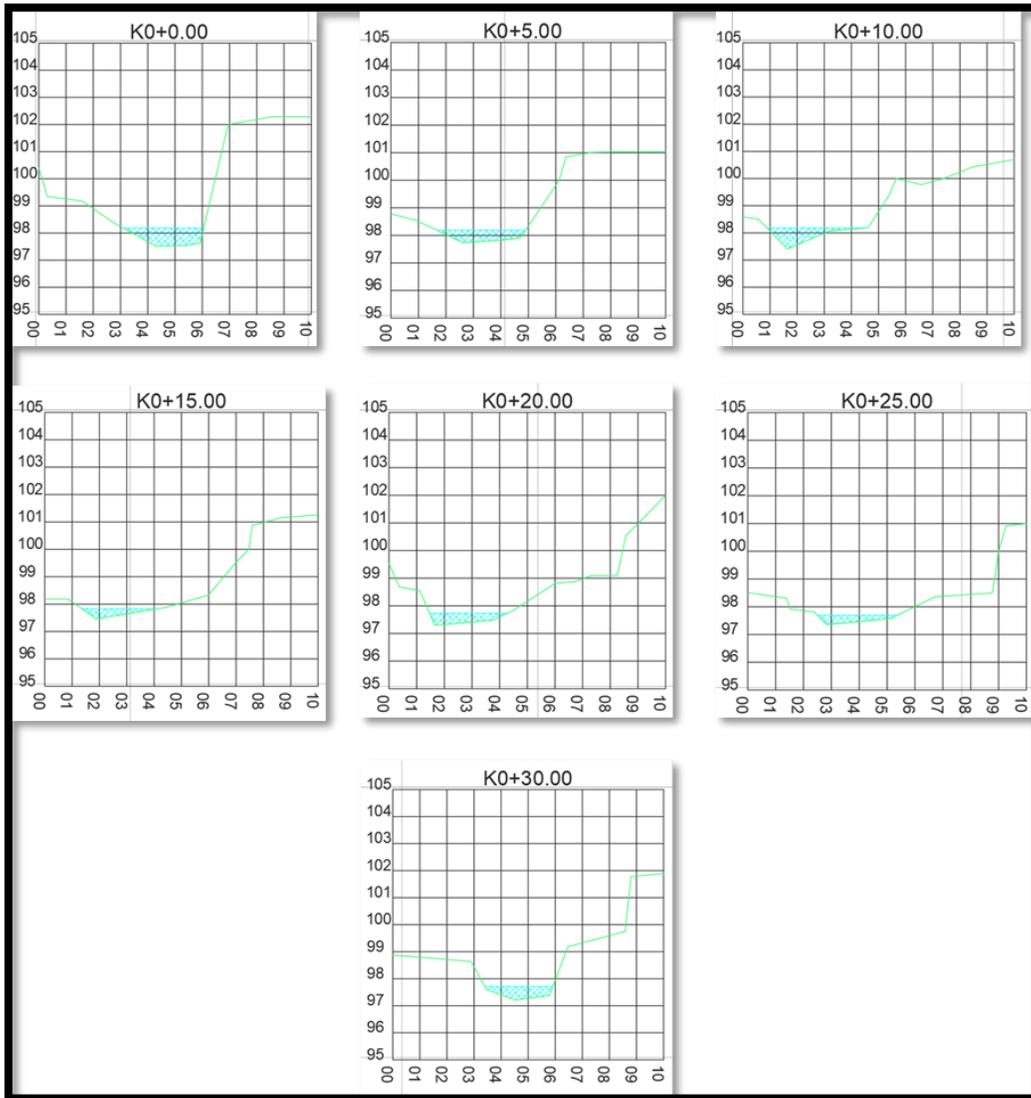


Ilustración 6 Geometría para toma de caudal caño cola de pato

Fuente: propia

3.4.3. MEDICIÓN DEL CAUDAL²⁰

La medición del caudal se desarrolla por diferentes métodos dependiendo el tipo de fuente superficial, las características del sitio y de las condiciones del momento de su realización en este caso se optó por el método de flotadores. En este tipo de aforo se escogió una sección recta del caño y se demarco una distancia a lo largo del mismo. el objeto flotante para realiza la medición del caudal debe ser arrojado sobre la corriente para que este no le imprima una fuerza adicional que pueda afectar la medición.



Ilustración 7 Pimpones para Medición de Caudal

Fuente: propia

la velocidad del agua se calcula de la siguiente manera:

$$V = \frac{X}{t}$$

Donde:

V= velocidad superficial, m/s

X= longitud recorrida por el elemento flotante, m

t= tiempo de recorrido del elemento flotante, s

1. $V = \frac{5m}{66s} = 0.075 \frac{m}{s}$
2. $V = \frac{10m}{82s} = 0.121 \frac{m}{s}$
3. $V = \frac{15m}{89s} = 0.168 \frac{m}{s}$

²⁰ Tomado de la Guía para el Monitoreo de Vertimientos Aguas Superficiales y Subterráneas

El caudal se calcula de la siguiente manera:

$$Q = n * V * A$$

Donde:

Q= caudal, m³/s

V= velocidad superficial, m/s

A= área transversal promedio m²

n= factor que depende del material del fondo del canal

n	
MATERIAL	VALORES
poco aspero	0,4 - 0,52
grava con hierba y caña	0,46 - 0,75
grava gruesa y piedras	0,58 - 0,7
madera, hormigon o pavimento	0,7 - 0,9
grava	0,62 - 0,75
arcilla y arena	0,65 - 0,83

Tabla 2 Tipos de Material Encontrados en Fuentes Hídricas²¹

1. $Q = 0.7 * 0.075 * 1.0492 = 0.055 \frac{m^3}{s}$
2. $Q = 0.7 * 0.121 * 1.0615 = 0.089 \frac{m^3}{s}$
3. $Q = 0.7 * 0.168 * 0.5162 = 0.061 \frac{m^3}{s}$

3.4.3. TIPO DE MUESTREO

Para este proceso se definió el muestro de forma manual ya que es un sitio de fácil acceso y que por medio de ciertas adaptaciones fue fácil hacer la toma de las muestras, con este tipo de muestreo nos permite observar los cambios en las características del agua en cuanto a la existencia de sustancias flotantes, color, olor, entre otros parámetros que se pueden observar a simple vista.

Por otro lado, se realiza un tipo de muestra puntual la cual fue tomada en un lugar representativo en un momento determinado ya que en el presente trabajo se realizará un comparativo de dos procedimientos anteriores los cuales corresponden a [melo-

²¹ Fuente: Tomado de la Guía para el Monitoreo de Vertimientos Aguas Superficiales y Subterráneas

turriago,2012]²² y [jimenez-vargas,2015]²³. En ellos se realizaron las tomas de muestra en verano donde se intensifica más la carga de diferentes componentes fisicoquímicos ya que si estuviera en invierno las corrientes de agua arrastrarían un poco la carga contaminante del caño



*Ilustración 8 Toma de muestras
Fuente: propia*

3.5 PROCEDIMIENTO DE PREPARACION DE MUCILAGO

La penca completa de sábila se corta en la raíz y se abre por la mitad, en donde quedan expuestos los cristales de la sábila incoloros. Estos cristales se retiran de la corteza de la penca con el uso de un bisturí y después son cortados finamente en cuadrados pequeños no mayores de tres milímetros de lado.

²² Evaluación de la Eficiencia de la Utilización de Semillas de Moringa Oleífera como una Alternativa de Biorremediación en la Purificación de Aguas Superficiales del Caño Cola de Pato Ubicado en el Sector Rural del Municipio de Acacias.

²³ Evaluación de la Eficiencia del Pasto Vetiver para la Fitorremediación de las Aguas Superficiales del Caño Cola de Pato Ubicado en el Sector Rural del Municipio de Acacias Departamento del Meta.

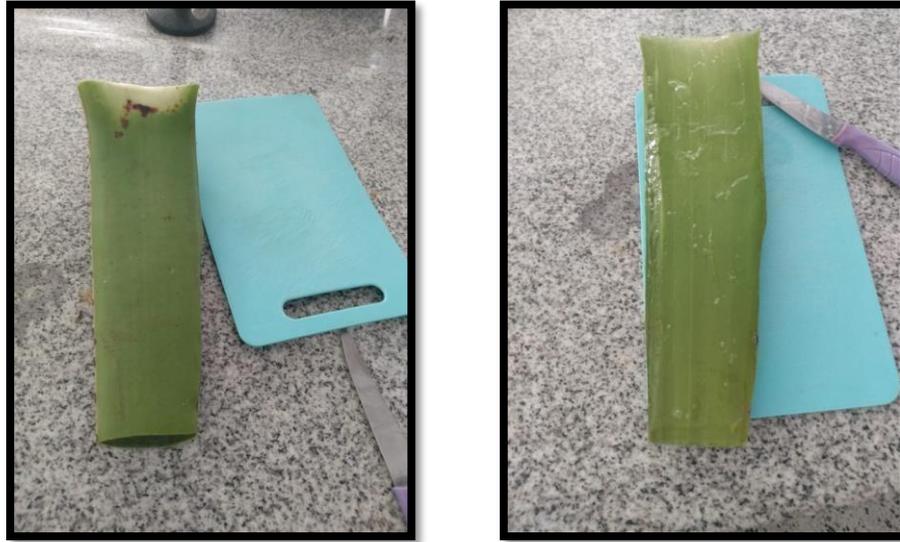


Ilustración 9 Preparación de la Sábila para Corte
Fuente: propia



Ilustración 10 Cristales de la Sábila
Fuente: propia

4 CAPITULO IV COMPROBACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS

4.1 COMPARACION DE RESULTADOS PREVIOS CON VALORES ADMISIBLES

Para este proceso se procede a realizar la toma de las muestras de agua directamente del caño en donde en un recipiente plástico de 500 ml se toma la muestra para análisis de parámetros fisicoquímicos y en una botella de vidrio debidamente desinfectada de 300 ml se recoge la muestra de agua para análisis microbiológico, dichos valores los podemos observar en la tabla 3 (resultados de análisis fisicoquímico y microbiológicas iniciales).

RESULTADOS INICIALES VS VALOR ADMISIBLE			
PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	INICIALES	VALOR ADMISIBLE RESOLUCION 631 DE 2015
color	UPC	99	hasta 15
pH	unidades	6.3	6.50 a 9.00
conductividad	µS/cm	21	hasta 1000
turbiedad	UNT	15.68	hasta 2
cloro residual libre	mg/l	0.10	0.3 a 2.0
cloro total	mg/l	0.10	hasta 2
dureza total	mg/l	17.8	hasta 300
calcio	mg/l	7.1	hasta 60
magnesio	mg/l	0	hasta 36
alcalinidad	mg/l	17.8	hasta 200
nitratos	mg/l	4	hasta 10
nitritos	mg/l	0.02	hasta 0.1
sulfatos	mg/l	20	hasta 250
hierro	mg/l	0.54	hasta 0.3
solidos disueltos totales	mg/l	13	0
E. coli	ufc/100ml	8	0
coliformes totales	ufc/100ml	124	0

*Tabla 3 resultados de análisis fisicoquímico y microbiológicos iniciales
Fuente: propia mediante resolución 631 de 2015*

4.1.1. GRAFICAS COMPARATIVAS DE ANÁLISIS INICIALES



Grafica 2 Valores iniciales VS Valor Admissible

 Fuente: propia



Grafica 3 Valores iniciales VS Valor Admissible

 Fuente: propia

ANALISIS

En las gráficas 2 y 3 podemos observar que los resultados arrojados por los parámetros de color, pH, turbiedad, cloro residual libre, hierro, solidos disueltos totales, E-coli y coliformes totales son los parámetros que no cumplen con los valores máximos admisibles cabe aclarar que el día de la toma de las muestras de agua se presentaron leves lluvias el día anterior y esto genera que no todos los parámetros en estudio salgan con algún tipo de afectación ya que este tipo de aguas sufre descargas de aguas residuales por parte de predios aledaños en la parte superior y por vertimientos que se realiza desde la penitenciaría.

4.2 ANALISIS DE PRUEBAS Y DOSIFICACION IDEAL MENDIANTE ENSAYO VISUAL

4.2.1. PRUEBAS DE JARRAS

Según [ROMERO 2002] el ensayo de jarras es uno de los más importantes en el control del proceso de coagulación química de aguas. Este proceso requiere como datos previos mínimos los valores de pH, turbiedad, color y alcalinidad del agua cruda En la prueba de jarras se utilizan variaciones en la dosis del floculante en cada jarra El principal objetivo del test de jarras es encontrar la dosis ideal para el proceso unitario que produzca la mejor calidad de agua posible.



*Ilustración 11 Floculador para Test de Jarras
Fuente: propia*

4.2. PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN DE MUCILAGO

Para realizar el procedimiento se biorremediacion se utilizaron los siguientes materiales:

- ✓ Balde
- ✓ Soga
- ✓ Botella plástica de 500 ml (muestras de agua fisicoquímica)
- ✓ Botella de vidrio de 300 ml (muestras de agua microbiológicas)
- ✓ Cava
- ✓ Hielo
- ✓ Sábila
- ✓ 3 Beaker
- ✓ 3 vidrio reloj
- ✓ Balanza
- ✓ Floculador

El proceso realizado por el compuesto de la sábila para el proceso de biorremediacion fue el siguiente:

- ✓ **PASO 1:** se realiza la toma de muestras de agua mediante método manual del caño, el agua es llevada directamente al laboratorio donde será vertida en cada uno de los Beaker del Floculador



*Ilustración 12 Toma de muestra para proceso de biorremediacion
Fuente: propia*

- ✓ **PASO 2:** El paso siguiente es proceder a pesar la dosificación de la sábila para cada una de las jarras en este caso la medida fue:
 - ✓ 6 gramos para la primera jarra
 - ✓ 12 gramos para la segunda jarra
 - ✓ 24 gramos para la tercera jarra



*Ilustración 13 Medida para dosificación de sábila
Fuente: propia*

- ✓ **PASO 3:** Al tener listas cada una de las medidas se procede a adicionar el componente en cada una de las jarras, se mantendrá en mezcla rápida a 200 RPM por 15 min y por último dejamos en mezcla lenta durante 10 minutos a 100 RPM.



*Ilustración 14 Adición del mucilago de sábila en cada muestra
Fuente: propia*

- ✓ **PASO 4:** Cuando el proceso de floculación ha terminado se deja la muestra en reposo por 5 min con el fin que los cristales de la sábila queden sedimentados y procedemos a realizar ensayos de turbidez y pH para así obtener la dosificación ideal.



*Ilustración 15 Muestra final en reposo
Fuente: propia*

- ✓ **PASO 5:** Para la dosificación ideal se realiza la medición de pH y turbidez y con ella se calcula el porcentaje promedio de remoción en cada una de las muestras y esta será la más óptima para llevar al laboratorio donde analizaran nuevamente los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.



*Ilustración 16 Turbidímetro y pH metro
Fuente: propia*

RESULTADOS ENSAYOS DE LABORATORIO						
Ensayo	Dosificación	Resultados iniciales pH	Resultados finales pH	Resultados iniciales turbidez	Resultados finales turbidez	% Remoción
1	6 g	6.3	7.2	15.68 UNT	5.53 UNT	64%
2	12 g		7.2		5.25 UNT	66%
3	24 g		7.2		5.43 UNT	65%

Tabla 4 Resultados para selección de dosis optima

Fuente: propia

- ✓ **PASO 6:** De acuerdo con los análisis realizados en el laboratorio de evidencia que la dosificación optima es la muestra del ensayo 2 esto quiere decir que por cada 100 ml de agua la dosificación de sábila será de 12g. Procedemos a usar esta muestra y depositarla en los envases debidamente desinfectados, se pondrán en una cava con un hielo que mantendrá su temperatura hasta el laboratorio de análisis de aguas.



Ilustración 17 Muestras finales con proceso de remediación

Fuente: propia

4.3 RESULTADOS OBTENIDOS MEDIANTE LA DOSIFICACION IDEAL

La dosis óptima de floculante se determina mediante test de jarras y con un análisis previo a las muestras donde se realizaron ensayos para turbidez y pH con ellas se evidencio que la dosis optima fue el ensayo 2, para este se tuvo en cuenta 100 ml de agua de caño cola de pato y 12g de sábila. esta muestra se llevó al laboratorio²⁴ de análisis de muestras de aguas y en la tabla 4 podemos observar los valores arrojados por el análisis fisicoquímico y microbiológico.

RESULTADOS FINALES CON ALOE VERA VS VALOR ADMISIBLE			
PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	FINALES	VALOR ADMISIBLE RESOLUCION 631 DE 2015
color	UPC	65	15
pH	unidades	7,2	6,50
conductividad	µS/cm	21	1000
turbiedad	UNT	5,3	2
cloro residual libre	mg/l	0,12	0,3
cloro total	mg/l	0,12	2
dureza total	mg/l	19,8	300
calcio	mg/l	10,5	60
magnesio	mg/l	0	36
alcalinidad	mg/l	22,1	200
nitratos	mg/l	4	10
nitritos	mg/l	0,02	0,1
sulfatos	mg/l	30	250
hierro	mg/l	0,43	0,3
solidos disueltos totales	mg/l	14	0
E. coli	ufc/100ml	8	0
coliformes totales	ufc/100ml	132	0

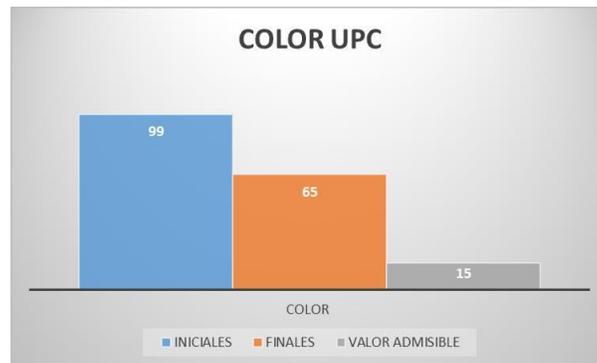
*Tabla 5 Resultados Finales con Proceso de Biorremediacion
Fuente: propia mediante resolución 631 de 2015*

²⁴ Análisis de Aguas y Alimentos Dra. Amparo Restrepo de Ávila

4.4 ANALISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS CON EL PROCESO DE BIORREMEDIACION

✓ COLOR

El color en el agua se debe fundamentalmente a diferentes sustancias coloreadas existentes en suspensión o disueltas en ella, en el caso de la fuente que es estudio de esta investigación esto se debe a material orgánico que se produce por descomposición vegetal. Mediante el proceso realizado con la sábila se puede evidenciar que se obtuvo un cambio significativo aproximado del 34 %.



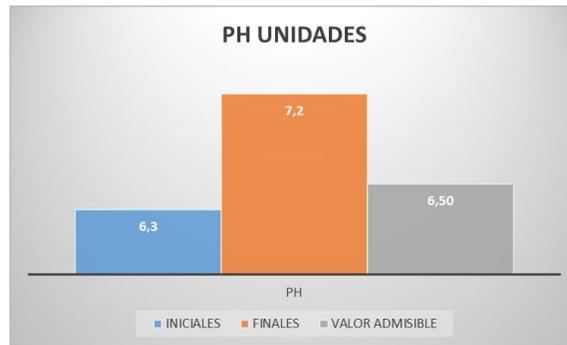
Grafica 4 Valores Finales VS Valor Admisible (color)
 Fuente: Propia

PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	INICIALES	FINALES	VALOR ADMISIBLE RESOLUCION 631 DE 2015
color	UPC	99	65	15

Tabla 6 Comparativo valores iniciales, finales y admisibles (color)
 Fuente: Propia

✓ PH

El pH del agua se debe al equilibrio carbónico y a la actividad vital de los microorganismos acuáticos, para las aguas que fluyen por el caño cola de pato se puede evidenciar que es acida y se debe a los diferentes contaminantes que, sin vertidos en esta, en el proceso de biorremediacion con la sábila se pudo obtener un pH de 7.2 dejando unos buenos resultados con este proceso.



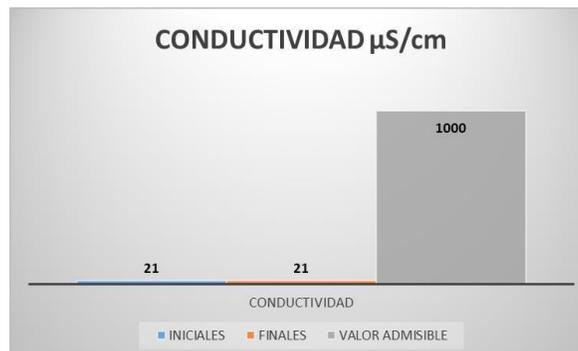
Grafica 5 Valores Finales VS Valor Admisible (PH)
Fuente: Propia

PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	INICIALES	FINALES	VALOR ADMISIBLE RESOLUCION 631 DE 2015
pH	unidades	6.3	7,2	6,50

Tabla 7 Comparativo valores iniciales, finales y admisibles (PH)
Fuente: Propia

✓ CONDUCTIVIDAD

La conductividad es producida por los electrolitos que llevan disueltos un agua en este caso podemos observar que tanto los valores iniciales como finales no obtuvieron ningún cambio y como estas aguas se van a reutilizar para riegos nos indica que este parámetro es apto.



Grafica 6 Valores Finales VS Valor Admisible (conductividad)
Fuente: Propia

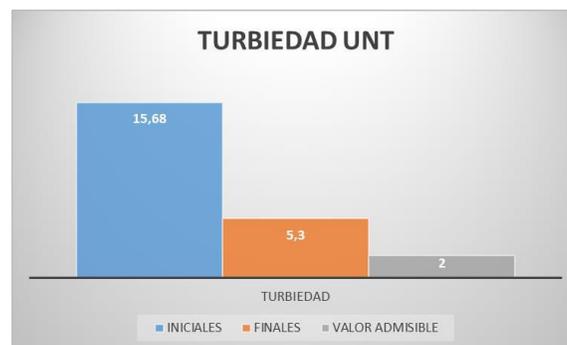
PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	INICIALES	FINALES	VALOR ADMISIBLE RESOLUCION 631 DE 2015
conductividad	μS/cm	21	21	1000

Tabla 8 Comparativo valores iniciales, finales y admisibles (conductividad)

 Fuente: Propia

✓ TURBIDEZ

Este parámetro aumenta por la presencia de materia en suspensión como arcillas, limos, coloides, entre otros. En esta investigación se ha puesto mucha atención en este parámetro ya que el agua de la fuente superficial tiene descargas de aguas grises y aguas negras que afectan los niveles altos de este parámetro, en el proceso de floculación se obtuvo una remoción del 66 % lo cual nos indica que el proceso de biorremediación es eficaz como coagulante natural



Grafica 7 Valores Finales VS Valor Admisible (turbiedad)

 Fuente: Propia

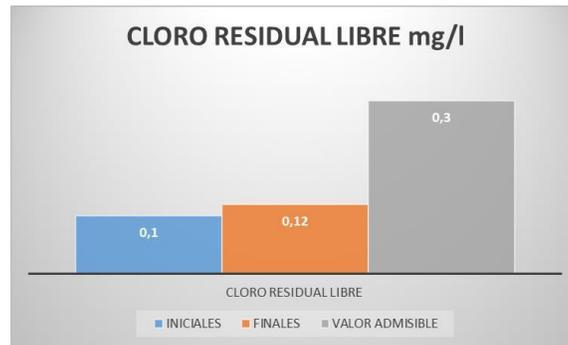
PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	INICIALES	FINALES	VALOR ADMISIBLE RESOLUCION 631 DE 2015
turbiedad	UNT	15.68	5,3	2

Tabla 9 Comparativo valores iniciales, finales y admisibles (turbiedad)

 Fuente: Propia

✓ CLORO RESIDUAL LIBRE

En este parámetro observamos que los resultados tanto del agua cruda como del agua tratada con la sábila no afecta el valor admisible para uso de riego.



Grafica 8 Valores Finales VS Valor Admisible (cloro residual libre)

 Fuente: Propia

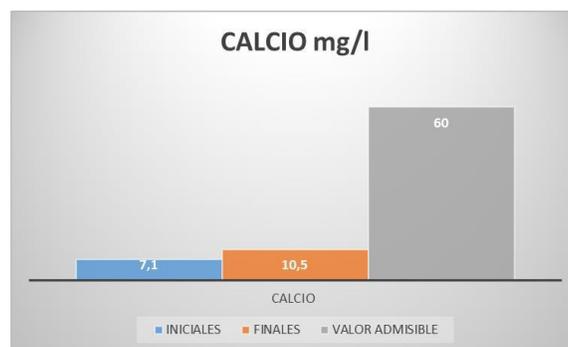
PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	INICIALES	FINALES	VALOR ADMISIBLE RESOLUCION 631 DE 2015
cloro residual libre	mg/l	0.10	0,12	0,3

Tabla 10 Comparativo valores iniciales, finales y admisibles (cloro residual libre)

 Fuente: Propia

✓ CALCIO

La cantidad de calcio presente en aguas superficiales se debe a presencia de piedras calizas, yeso y dolomita. Para el caso del caño se puede presentar niveles de calcio por la corrosión de tuberías metálicas, en el caso de los análisis realizados a las muestras se observa que existe en concentraciones bajas y que no superan los valores permisibles.



Grafica 9 Valores Finales VS Valor Admisible (calcio)

 Fuente: Propia

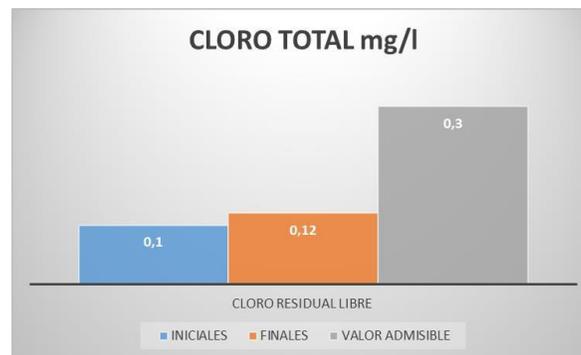
PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	INICIALES	FINALES	VALOR ADMISIBLE RESOLUCION 631 DE 2015
calcio	mg/l	7.1	10,5	60

Tabla 11 Comparativo valores iniciales, finales y admisibles (calcio)

 Fuente: Propia

✓ CLORO TOTAL

El cloro total es la suma del cloro residual y el cloro combinado, para este tipo de aguas se puede observar que los componentes de la sábila no tienen efectos positivos pero la presencia de este parámetro en aguas superficiales dañar las conducciones y estructuras metálicas y perjudicar el crecimiento vegetal.



Grafica 10 Valores Finales VS Valor Admisible (cloro total)

 Fuente: Propia

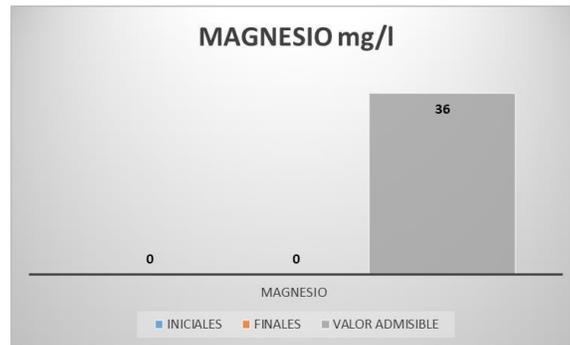
PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	INICIALES	FINALES	VALOR ADMISIBLE RESOLUCION 631 DE 2015
cloro total	mg/l	0.10	0,12	2

Tabla 12 Comparativo valores iniciales, finales y admisibles (cloro total)

 Fuente: Propia

✓ MAGNESIO

En aguas superficiales la se puede producir por la disolución de rocas y minerales del terreno, pero en este caso vemos que este parámetro no se encontró en ninguna de las muestras analizadas.



Grafica 11 Valores Finales VS Valor Admisible (magnesio)

 Fuente: Propia

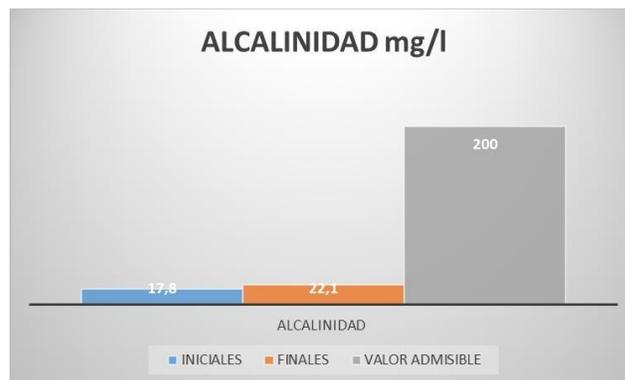
PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	INICIALES	FINALES	VALOR ADMISIBLE RESOLUCION 631 DE 2015
Magnesio	mg/l	0	0	36

Tabla 13 Comparativo valores iniciales, finales y admisibles (magnesio)

 Fuente: Propia

✓ **ALCALINIDAD**

La alcalinidad tiene la capacidad de neutralizar ácidos pues en el agua dulce ofrece resistencia a los cambios del pH también puede servir como fuente de reserva de Co2 para la fotosíntesis, como podemos observar en los valores resultantes del análisis de las muestras de agua su concentración es muy baja lo cual nos indica que las aguas son más susceptibles a la contaminación y que su pH se genera acido.



Grafica 12 Valores Finales VS Valor Admisible (alcalinidad)

 Fuente: Propia

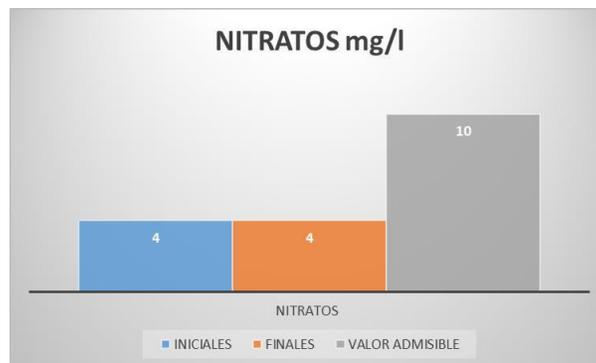
PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	INICIALES	FINALES	VALOR ADMISIBLE RESOLUCION 631 DE 2015
Alcalinidad	mg/l	17.8	22,1	200

Tabla 14 Comparativo valores iniciales, finales y admisibles (alcalinidad)

 Fuente: Propia

✓ NITRATOS

La presencia de nitratos en aguas procede a la disolución de rocas y minerales, por la descomposición de materias vegetales y animales. Por lo general las aguas superficiales no suele tener resultados altos en este parámetro, pero la presencia de estos se puede deber a escorrentías de fertilizantes nitrogenados, esto se puede deber a las diferentes actividades realizadas cerca al caño.



Grafica 13 Valores Finales VS Valor Admisible (nitratos)

 Fuente: Propia

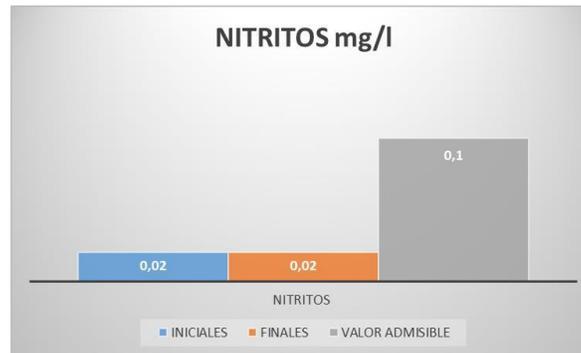
PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	INICIALES	FINALES	VALOR ADMISIBLE RESOLUCION 631 DE 2015
Nitratos	mg/l	4	4	10

Tabla 15 Comparativo valores iniciales, finales y admisibles (nitratos)

 Fuente: Propia

✓ NITRITOS

La presencia de este parámetro en el agua suele indicar que hay contaminación de carácter fecal reciente y las aguas del Caño Cola de Pato en su fuente de investigación ha confirmado los diferentes vertimientos por actividades agrícolas, pecuarias y humanas que generan este tipo de contaminación.



Grafica 14 Valores Finales VS Valor Admisible (nitritos)

 Fuente: Propia

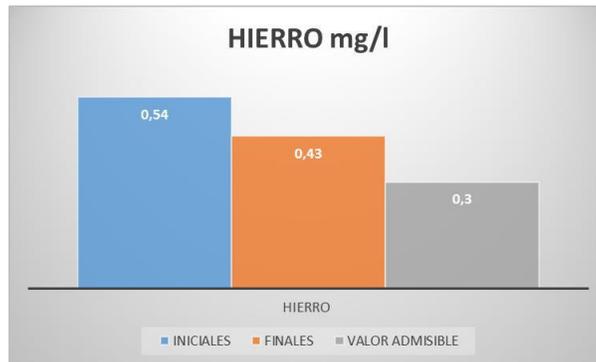
PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	INICIALES	FINALES	VALOR ADMISIBLE RESOLUCION 631 DE 2015
Nitritos	mg/l	0.02	0,02	0,1

Tabla 16 Comparativo valores iniciales, finales y admisibles (nitritos)

 Fuente: Propia

✓ **HIERRO**

En las aguas superficiales el hierro se encuentra en concentraciones bajas, pero cuando existen grandes cantidades como lo podemos observar en la gráfica 15 esto se debe al contacto con las rocas y tubos fabricados de hierro y acero que al hacer contacto por mucho tiempo con el agua genera cantidades altas de hierro, esta agua generalmente contiene bacterias de hierro, en los análisis finales se observa una reducción del 20 % existen dos posibles respuestas a este, 1- que el agua tomada en el último análisis haya tenido más bajas concentraciones y 2- que el proceso de biorremediación con sábila tiene un efecto positivo para este parámetro. En conclusión, los resultados iniciales y finales presentan altas concentraciones a las admisibles para este tipo de aguas superficiales



Grafica 15 Valores Finales VS Valor Admisible (hierro)

 Fuente: Propia

PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	INICIALES	FINALES	VALOR ADMISIBLE RESOLUCION 631 DE 2015
Hierro	mg/l	0.54	0,43	0,3

Tabla 17 Comparativo valores iniciales, finales y admisibles (hierro)

 Fuente: Propia

✓ SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS

Los sólidos totales disueltos son la suma de los minerales, sales, metales, cationes o aniones disueltos en el agua, las principales fuentes receptoras son las escorrentías agrícolas y residuales de aguas negras y esto se debe a que en los predios aledaños al caño tienen fallencias en el sistema de alcantarillado al igual los resultados arrojados son también causal de la colonia agrícola.



Grafica 16 Valores Finales VS Valor Admisible (sólidos disueltos totales)

 Fuente: Propia

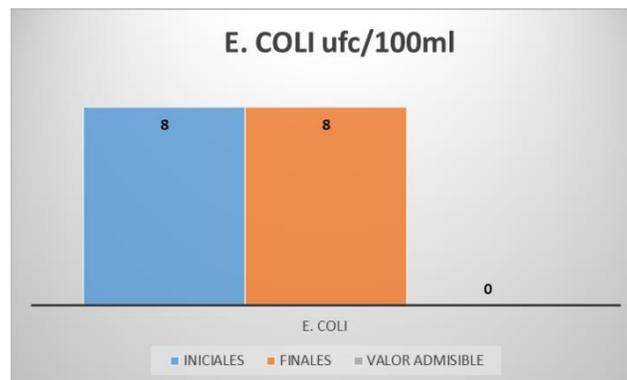
PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	INICIALES	FINALES	VALOR ADMISIBLE RESOLUCION 631 DE 2015
Solidos disueltos totales	mg/l	13	14	0

Tabla 18 Comparativo valores iniciales, finales y admisibles (solidos disueltos totales)

Fuente: Propia

✓ E. COLI

El e-coli son bacterias Gram-negativo y son un tipo de bacterias coliformes fecales que se encuentran comúnmente en los intestinos de los animales y los seres humanos, con la presencia de este contaminante en el agua confirmamos el mal manejo que se le dan a las diferentes actividades antrópicas en los terrenos aledaños al caño, con estos valores tan altos se debe tener en cuenta que no es posible la reutilización de estas aguas para sistemas de riego.



Grafica 17Valores Finales VS Valor Admisible (E. coli)

Fuente: Propia

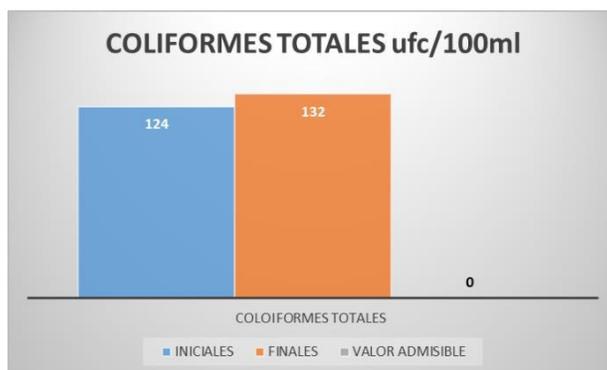
PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	INICIALES	FINALES	VALOR ADMISIBLE RESOLUCION 631 DE 2015
E. coli	ufc/100ml	8	8	0

Tabla 19 Comparativo valores iniciales, finales y admisibles (E. coli)

Fuente: Propia

✓ COLIFORMES TOTALES

Pueden hallarse tanto en heces como en el medio ambiente o en aguas ricas en nutrientes, suelos, materias vegetales en descomposición, la presencia de coliformes en las aguas que pasan por el caño cola de pato están por encima de los valores admisibles y el proceso de biorremediación no muestra efectividad de remoción para disminuir este contaminante existente en la fuente hídrica.



Grafica 18 Valores Finales VS Valor Admisible (coliformes totales)

 Fuente: Propia

PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	INICIALES	FINALES	VALOR ADMISIBLE RESOLUCION 631 DE 2015
coliformes totales	ufc/100ml	124	132	0

Tabla 20 Comparativo valores iniciales, finales y admisibles (coliformes totales)

 Fuente: Propia

4.4. COMPARATIVOS FINAL DE ESTUDIOS PREVIOS

En este estudio final daremos a conocer el resultado de los diferentes procesos de remediación realizados en el caño cola de pato y se dará a conocer cuál de estos agentes de remediación es el más efectivo para para el tratamiento y mejoramiento de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas en estudio.

RESULTADOS FINALES				
PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	VETIVER	MORINGA OLEIFERA	ALOE VERA
ph	unidades	5,44	6,10	7,2
turbidez	NTU	2,26	36,0	5,3
alcalinidad	mg/l	4	19,4	22,1
dureza total	mg/l	4,06	15,4	19,8
dureza calcica	mg/l	4,06	10,9	10,5
hierro	mg/l	0,38	0,34	0,43

Tabla 21 Comparativo final de estudios previos
Fuente: Propia

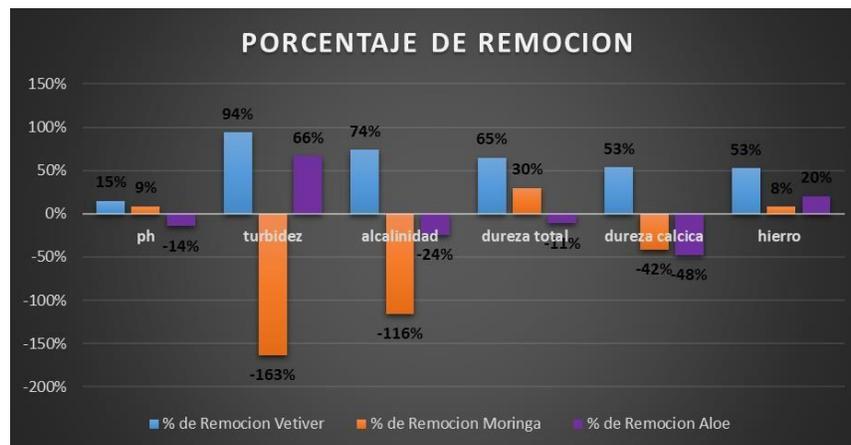


Gráfica 19 Resultados finales con proceso de remediación
Fuente: Propia

4.4.1. ANALISIS Y PROPUESTA DEL MEJOR AGENTE DE REMEDIACION

RESULTADOS FINALES CON LOS PORCESOS DE REMEDIACION							
Parametro	Unidad de Medida	Vetiver	% de Remocion Vetiver	Moringa Oleifera	% de Remocion Moringa	Aloe Vera	% de Remocion Aloe
ph	unidades	5,44	15%	6,10	9%	7,2	-14%
turbidez	NTU	2,26	94%	23,0	-163%	5,3	66%
alcalinidad	mg/l	4	74%	19,4	-116%	22,1	-24%
dureza total	mg/l	4,06	65%	15,4	30%	19,8	-11%
dureza calcica	mg/l	4,06	53%	10,9	-42%	10,5	-48%
hierro	mg/l	0,38	53%	0,34	8%	0,43	20%

Tabla 22 Resultados finales con proceso de remediación y porcentaje de remoción
Fuente: Propia



Grafica 20 Porcentaje de remoción

 Fuente: Propia

Uno de los objetivos propuestos durante esta investigación es proponer el mejor agente remediación y basados en los estudios previos realizados por **Melo y Turriago (2012)**²⁵, **Jiménez y Vargas (2015)**²⁶ y **Peña (2019)**²⁷ los parámetros que se evaluaron en estos tres proyectos es el pH, turbidez, alcalinidad, dureza total, dureza cálcica y hierro. Los cuales mostraron tener cierto porcentaje de remoción, el uso de Fitorremediación con el pasto vetiver se observa que la mayoría de los contaminantes se removieron en más de un 50%, pero se observa también que el porcentaje de remoción de los agentes biorremediación son bajos y algunos parámetros tendieron aumentar como en el caso del uso de semilla de moringa oleífera la turbidez aumento a causa de se encontraba muchas partículas de la moringa en suspensión, la alcalinidad y dureza cálcica también aumentaron esto puede deberse a la acidez que se mantuvo en el pH.

²⁵ Evaluación De La Eficiencia De La Utilización De Semillas De Moringa Oleífera Como Una Alternativa De Biorremediacion En La Purificación De Aguas Superficiales Del Caño Cola De Pato Ubicado En El Sector Rural Del Municipio De Acacias

²⁶ Evaluación De La Eficiencia Del Pasto Vetiver Para La Fitorremediación De Las Aguas Superficiales Del Caño Cola De Pato Ubicado En El Sector Rural Del Municipio De Acacias Departamento Del Meta

²⁷ Evaluación De Eficiencia De Alternativas Orgánicas Hechas En El CEAD Acacias Para La Purificación De Aguas Superficiales Del Caño Cola De Pato Perteneciente A La Zona Rural Del Municipio De Acacias Departamento Del Meta

por otro lado, se observa que con el proceso de biorremediación usando el agente Aloe Vera el agua pasó de ser ácida a ser básica y la turbidez disminuyó en un 66 % comparado con el resultado inicial pero la alcalinidad, dureza total y cálcica aumentaron considerablemente.

Finalmente, y dando cumplimiento a uno de los objetivos del presente proyecto se da como mejor agente de remediación el tratamiento de Fitorremediación del pasto vetiver pues gracias a sus características morfológicas y fisiológicas logran remover en un gran porcentaje los parámetros fisicoquímicos existentes en el agua. Este tratamiento es de mayor costo comparado a los agentes de biorremediación como la moringa oleífera y el aloe vera, pero es el que tiene mayor efectividad y con el uso del pasto vetiver las aguas que pasan por el caño cola de pato puede ser usada para riego de los mismos proyectos de siembra que maneja la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD – CEAD, Acacias.

5 CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- ✓ El estado actual del caño cola de pato se debe principalmente a las actividades agrícolas, pecuarias y piscícolas generadas por la colonia agrícola al igual que aguas negras domésticas generadas por los predios aledaños a esta fuente.
- ✓ Para el presente trabajo de investigación aplicado se analizaron los siguientes parámetros: pH, conductividad, turbiedad, cloro residual libre, cloro total, dureza total, calcio, magnesio, alcalinidad, nitratos, nitritos, sulfatos, hierro, solidos disueltos totales, E. coli, coliformes totales. Todos estos parámetros fueron analizados previamente y comparados con los valores admisibles propuestos en la resolución 0631 de 2015 y los principales parámetros no cumplen por el porcentaje de carga contaminante encontrada.
- ✓ Todas las actividades antrópicas que se genera cerca al caño provoca en los ecosistemas acuáticos modificaciones físico-químicas que repercuten en la composición y distribución de las comunidades biológicas, así como en el deterioro o limitación de los usos de agua, produciéndose pérdida de la calidad del agua. Aunque las aguas que pasan por el caño cola de pato no son usadas para consumo humano se podría usar para riego de los diferentes proyectos de siembra que tienen algunos residentes que habitan cerca al caño o para los proyectos que se manejan dentro del CEAD-Acacias, pero pese a la alta carga contaminante no se puede realizar manejo apto de estas aguas.
- ✓ Las muestras microbiológicas arrojaron valores muy altos para coliformes totales y E-coli esto se deba a descargas sanitarias y a excrementos de animales pues muy cerca al caño se encuentran predios con déficit de conexión al sistema de alcantarillado y se generan las descargas en esta fuente, por otro lado los predios de la parte alta donde está ubicada la colonia agrícola genera esorrentía de excremento animal ya que gran parte de su ganadería está ubicada cerca de las aguas que corren por este caño.

- ✓ El uso del mucilago de sábila arrojó resultados favorables para los parámetros de pH, color y turbiedad, pero no hubo ningún cambio en el resto de los parámetros es por esto que este compuesto que, aunque maneja muchos beneficios por su composición no es el agente ideal para un completo proceso de biorremediación en aguas superficiales.
- ✓ En el análisis realizado en la comparación de los tres agentes utilizados como proceso de remediación se llega a la conclusión que el Pasto Vetiver es agente más efectivo como proceso de Fitorremediación para purificación de aguas de fuentes superficiales.

5.2 RECOMENDACIONES

- ✓ Para la aplicación del mucilago de aloe vera es importante revisar las diferentes concentraciones y tener en cuenta las dosificaciones idóneas ya que si se excede la turbidez del agua tiende a aumentar y esta misma tiende a ser más viscosa.
- ✓ Para próximos ensayos de biorremediación con aloe vera es importante hacer la medición del coeficiente de Poise ya que se puede determinar la viscosidad que genera este agente en el agua.
- ✓ En próximos ensayos usando el Aloe Vera sería interesante hacer el secado previamente ya que la viscosidad se reduciría y este agente que al poseer tantos beneficios en sus características físicas llega a hacer un buen floculante ecológico.
- ✓ Para el resultado de los coliformes se toma la concentración del valor más potable.

6 CAPITULO VI: BIBLIOGRAFÍA

6.1 BIBLIOGRAFÍA.

- ✓ Agudelo, m., Macías, k. and Suarez, a. (2018). Fitorremediación: La Alternativa Para Absorber Metales Pesados De Los Biosólidos. Revista Lasallista De Investigación, (VOL. 2 No. 1), PP. Página 1 a la 5. Recuperado de: <http://bibliotecavirtual.unad.edu.co:2139/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=597ac28c-a5f6-4334-9d49-2a8b7863f53a%40sessionmgr103> [revisado en Julio. 2018].
- ✓ Aranya, A. (2018). biorremediación. In: Coyne, Mark, Salem Press Encyclopedia. Wiki media Commons, Recuperado de: <http://bibliotecavirtual.unad.edu.co:2171/eds/detail/detail?vid=1&sid=0e379655-a708-43a8-ac67-42157d149e56%40sessionmgr4006&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=89474001&db=ers>.
- ✓ Aragón (2018). Riqueza hídrica de Colombia | Prevecionar Colombia. [online] Prevecionar Colombia. Recuperado de: <http://prevecionar.com.co/2018/03/17/riqueza-hidrica-de-colombia/> [Revisado el 26 Sep. 2018].
- ✓ Arboleda, S. (2013). 8 tipos de contaminación del agua» Vida Mas Verde. [online] Vida Mas Verde. Recuperado de: <http://vidamasverde.com/2013/8-tipos-de-contaminacion-del-agua/> [revisado el 4 junio. 2018].
- ✓ Arteaga, j., Arteaga, a., Arteaga, e., Arteaga, h. and Armijo, b. (2014.). Tipos de contaminación del aguaMembers.tripod.com. recuperado de: http://members.tripod.com/mexico_h20.mx/page6.html [revisado en mayo 2018].
- ✓ Agua.org.mx. (2012.). Contaminación del agua – Agua.org.mx. [online] recuperado de: <https://agua.org.mx/contaminacion-del-agua/> [revisado en junio. 2018].
- ✓ Cocupo (2018). Ubicación geográfica de Colombia - Tierra Colombiana. [online] Tierra Colombiana. Recuperado de: <https://tierracolombiana.org/ubicacion-geografica-colombia/> [Revisado 20 Sep. 2018].
- ✓ Domínguez, R., Arzate, I., Chanona, J., Welti, J., Alvarado, J., Calderón, G., Garibay, V. y Gutiérrez, G. (2012). El gel de Aloe vera: estructura, composición química, procesamiento, actividad biológica e importancia en la industria farmacéutica y alimentaria. Scielo [online]. 2012. Vol. 11, no. 1, p. 2- 3-4. Recuperado de:

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62024415003> [revisado en septiembre. 2018].

- ✓ Gobernación del meta (2018). Meta: Departamento de Meta Colombia. [online] todacolombia.com. Recuperado de: <https://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/meta.html> [Revisado el 21 Sep. 2018].
- ✓ IDEAM (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales) (2013). Índice de alteración de la calidad del agua. Formato Común Hoja Metodológica. Recuperado de: http://www.ideam.gov.co/documents/24155/125494/53-3.22_HM_IACAL_3_FI.pdf/0b603e3d-7b31-4b31-9e8e-71ce9bbdf2e5 [revisado en agosto. 2018].
- ✓ IDEAM (2002). Guía para el Monitoreo de Vertimientos, Aguas Superficiales y Aguas Subterráneas. [PDF] Bogotá: Instituto De Hidrología, Meteorología Y Estudios Ambientales De Colombia, pp.pag 6 a la 8, pag 21 a la 28. Tomado de: <http://oab.ambientebogota.gov.co/es/con-la-comunidad//gui-a-para-el-monitoreo-de-vertimientos-aguas-superficiales-y-aguas-subterraneas> [revisado el 16 Sep. 2018].
- ✓ Jiménez, a. and Barba, a. (2013.). Determinación de los Parámetros Fisicoquímicos de Calidad de las Aguas. 2nd ed. [PDF] Madrid: Instituto Tecnológico de Química y Materiales, pp.12 a 19. Recuperado de: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf> [revisado en Julio. 2018].
- ✓ Jiménez-Vargas. (2015). Evaluación de la Eficiencia del Pasto Vetiver para la Fitorremediación de las Aguas Superficiales del Caño Cola de Pato Ubicado en el Sector Rural del Municipio de Acacias Departamento del Meta. Recuperado de: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/3730>
- ✓ Lenntech.es. (2017). FAQ-contaminantes del agua. [online] recuperado de: <https://www.lenntech.es/faq-contaminantes-del-agua.htm> [revisado en Julio. 2018].
- ✓ Lozano-Rivas, W. A., & Lozano Bravo, G. (2015). Potabilización del agua: principios de diseño, control de procesos y laboratorio (Vol. Primera edición). Bogotá, Colombia: Universidad Piloto de Colombia.
- ✓ Melo-Turriago. (2012). Evaluación de la Eficiencia de la Utilización de Semillas de Moringa Oleífera como una Alternativa de Biorremediación en la Purificación de Aguas Superficiales del Caño Cola de Pato Ubicado en el Sector Rural del Municipio de Acacias. Recuperado de: <https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/1428/1/tesis%20de%20grado-eficiencia%20utilizacion%20de%20semillas%20de%20moringa%20-%20biorremediacion.pdf>

- ✓ Ministerio de Agricultura (1984). Recuperado de: http://www.ideam.gov.co/documents/24024/36843/Dec_1594_1984.pdf/aacbcd5d-fed8-4273-9db7-221d291b657f. Bogotá: http://www.ideam.gov.co/documents/24024/36843/Dec_1594_1984.pdf/aacbcd5d-fed8-4273-9db7-221d291b657f, pp.pag 9 a la 14. [Revisado en 20 Sep. 2018].
- ✓ MINAMBIENTE (2010). decreto 930 de 2010. [PDF] Bogotá - Colombia: Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Recuperado de: http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2010/dec_3930_2010.pdf [Revisado el 20 Sep. 2018].
- ✓ Salamanca, E. (2014). Tratamiento de Aguas Para el Consumo Humano. universidad de Manizales, Colombia, [online] (Vol.17 N°1), pp.29 a 48. Recuperado de: <http://bibliotecavirtual.unad.edu.co:2171/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=5&sid=38a2a2bc-d5f2-4565-aa50-600a34b8132c%40sessionmgr4006> [revisado en junio. 2018].
- ✓ Termiser.com. (2018). Qué es la biorremediación ambiental y cómo funciona. [online] recuperado de: <https://www.termiser.com/que-es-la-biorremediacion-ambiental-como-funciona/> [revisado el 20 mayo 2018].
- ✓ Tobón, s., Agudelo, r. and Gutiérrez, l. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. Revista Facultad Nacional de Salud Pública., [online] (Vol. 35 Issue 2), PP. Página 236 a 247. Recuperado de: <http://bibliotecavirtual.unad.edu.co:2171/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=5&sid=92be1f24-7340-455d-a95d-fc10d25bee50%40sessionmgr4006> [revisado en agosto. 2018].
- ✓ Varios (2007). Protocolo para el monitoreo y seguimiento del agua. [PDF] Bogotá - Colombia: IDEAM. Recuperado de: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021172/Protocoloparaelmonitoreoyseguimientodelagua.pdf> [Revisado de 25 Sep. 2018].

CAPITULO 7: ANEXOS

7.1. ENSAYOS REALIZADOS EN LA ZONA DEL PROYECTO



*Ilustración 18 Reconocimiento de la Zona del Proyecto
Fuente: Propia*



*Ilustración 19 Instalación y Calibración de Equipo de Topografía
Fuente: Propia*



Ilustración 20 Medición de Secciones del Caño para Diseño de Batimetría
Fuente: Propia



Ilustración 21 Puntos de Secciones para Diseño de Batimetría
Fuente: Propia



Ilustración 22 Puntos de Secciones para Diseño de Batimetría
Fuente: Propia

7.2. RESULTADOS DE LABORATORIO

7.2.1. RESULTADOS DE PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS INICIALES



ANÁLISIS DE AGUAS Y ALIMENTOS
Dra. AMPARO RESTREPO DE ÁVILA

ALFAMPAR S.A.S
NIT:900.129.681-6
CRA 38 # 35 - 15 BARZAL

Informe de Resultados
N° de Análisis: A / 15609



Identificación del Cliente

Cliente	DIANA MARCELA PEÑA	Dirección	CALLE 23A 21 - 14
NIT	1019025873	Departamento	META
Teléfonos	3214878370	Municipio	ACACIAS

Identificación de la muestra

Tipo de Muestra	AGUA POTABLE (IRCA)	Fecha Toma de Muestra	27/09/2018	14:27:00
Lugar de la Toma	FUENTE SUPERFICIAL	Fecha Recepción Muestra	27/09/2018	15:25:00
Punto de Toma	CAÑO COLA DE PATO	Fecha Inicio Análisis	27/09/2018	15:49:00
Responsable Toma y Transporte	CLIENTE	Fecha Dictamen	1/10/2018	10:23:40
Observaciones	FUENTE SUPERFICIAL QUE PASA POR LAS INSTALACIONES DE LA UNAD - CEAD ACACIAS META			

ANÁLISIS DE AGUAS

PARAMETRO	RESULTADO	METODO ANALITICO	VALOR ADMISIBLE
GRUPO FISICO-QUIMICO			
color	*99 UPC	SM 2120-B-C	hasta 15 UPC
pH	*6.3 Udes. pH	SM 4500-B	6.50 a 9.00 Unidades de pH
conductividad	21 µS/cm	SM 2510-B	hasta 1000 µS/cm
turbiedad	*15.68 UNT	SM 2130-B	hasta 2 UNT
cloro residual libre	*<0.10 mg/l	SM 4500-G	0.3 a 2.0 mg/l
cloro total	0.10 mg/l	SM 4500-G	hasta 2 mg/l
dureza total	17.8 mg/l	SM 2340-C	hasta 300 mg/l
calcio	7.1 mg/l	SM 3500-B	hasta 60 mg/l
magnesio	0 mg/l	SM 3500-B	hasta 36 mg/l
alcalinidad	17.8 mg/l	SM 2320-B	hasta 200 mg/l
nitratos	4 mg/l	SM 4500-H ₂	hasta 10 mg/l
nitritos	0.02 mg/l	SM 4500-B	hasta 0.1 mg/l
sulfatos	20 mg/l	SM 4500-E	hasta 250 mg/l
hierro	*0.54 mg/l	SM 3500-B	hasta 0.3 mg/l
solidos disueltos totales	13 mg/l	SM 2540	mg/l
GRUPO MICROBIOLÓGICO			
E. coli	*8 ufc/100ml	SM 9222-B	0 ufc/100ml
coliformes totales	*124 ufc/100ml	SM 9222-B	0 ufc/100ml

IRCA por Muestra 90% **Nivel de Riesgo**
Inviabile Sanitariamente

Discusión sobre el Ensayo/Resultado
Agua no apta para consumo humano

Legislación de la Muestra
Res. 2115/2017



Dra. AMPARO RESTREPO DE ÁVILA



DIR. TÉCNICO MICROBIOLOGÍA
Dra. AMPARO RESTREPO DE ÁVILA



DIR. TÉCNICO MICROBIOLOGÍA
Ing. Quím ALFONSO AVILA CAMPOS

Los valores marcados con el signo * indican que el resultado obtenido no cumple con los rangos admisibles según la normativa
Los análisis hacen referencia exclusivamente a las muestras recogidas en el día/hora indicada en este informe

CALIDAD EXPERIENCIA Y HONRADEZ A SU SERVICIO
TEL: 6730960 6625340 FAX: 6625340 E-MAIL: administracion@laboratoriosamparorestrepo.com
DIRECCION: CRA 38 # 35 - 15 BARZAL, VILLAVICENCIO - META

7.2.2. RESULTADOS DE PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS CON PROCESO DE BIORREMEDIACION UTILIZANDO EL MUCILAGO DE ALOE VERA



ANÁLISIS DE AGUAS
Y ALIMENTOS

Dra. AMPARO RESTREPO DE ÁVILA

ALFAMPAR S.A.S
NIT:900.129.681-6
CRA 38 # 35 - 15 BARZAL

Informe de resultados
N° de Análisis: A / 16019



Identificación del Cliente

Cliente	DIANA MARCELA PEÑA	Dirección	CALLE 23A 21 - 14
NIT	1019025873	Departamento	META
Teléfonos	3214878370	Municipio	ACACIAS

Identificación de la muestra

Tipo de Muestra	AGUA POTABLE (IRCA)	Fecha Toma de Muestra	19/06/2019 11:00:00
Lugar de la Toma	FUENTE SUPERFICIAL	Fecha Recepción Muestra	19/06/2019 16:30:00
Punto de Toma	CAÑO COLA DE PATO	Fecha Inicio Análisis	19/06/2019 17:00:00
Responsable Toma y Transporte	CLIENTE	Fecha Dictamen	24/06/2019 12:30:00
Observaciones	AGUA DEL CAÑO COLA DE PATO CON TRATAMIENTO DE BIORREMEDIACION UTILIZANDO ALOE VERA		

ANÁLISIS DE AGUAS

PARAMETRO	RESULTADO	METODO ANALITICO	VALOR ADMISIBLE
GRUPO FISICO-QUIMICO			
color	*65 UPC	SM 2120-B-C	hasta 15 UPC
pH	7.2 Udes. pH	SM 4500-B	6.50 a 9.00 Unidades de pH
conductividad	21 µS/cm	SM 2510-B	hasta 1000 µS/cm
turbiedad	*5.3 UNT	SM 2130-B	hasta 2 UNT
cloro residual libre	*<0.12 mg/l	SM 4500-G	0.3 a 2.0 mg/l
cloro total	0.12 mg/l	SM 4500-G	hasta 2 mg/l
dureza total	19.8 mg/l	SM 2340-C	hasta 300 mg/l
calcio	10.5 mg/l	SM 3500-B	hasta 60 mg/l
magnesio	0 mg/l	SM 3500-B	hasta 36 mg/l
alcalinidad	22.1 mg/l	SM 2320-B	hasta 200 mg/l
nitratos	4 mg/l	SM 4500-H	hasta 10 mg/l
nitritos	0.02 mg/l	SM 4500-B	hasta 0.1 mg/l
sulfatos	30 mg/l	SM 4500-E	hasta 250 mg/l
hierro	*0.43 mg/l	SM 3500-B	hasta 0.3 mg/l
solidos disueltos totales	*14 mg/l	SM 2540	mg/l
GRUPO MICROBIOLÓGICO			
E. coli	*8 ufc/100ml	SM 9222-B	0 ufc/100ml
coliformes totales	*132 ufc/100ml	SM 9222-B	0 ufc/100ml

IRCA por Muestra

90%

Discusión sobre el Ensayo/Resultado

Agua no apta para consumo humano

Legislación de la Muestra

Res. 2115/2017

Nivel de Riesgo

Inviabile Sanitariamente



ANÁLISIS DE AGUAS Y ALIMENTOS
Dra. AMPARO RESTREPO DE ÁVILA



DIR. TÉCNICO MICROBIOLOGÍA
Dra. AMPARO RESTREPO DE ÁVILA



DIR. TÉCNICO MICROBIOLOGÍA
Ing. Quím ALFONSO ÁVILA-CAMPOS

Los valores marcados con el signo * indican que el resultado obtenido no cumple con los rangos admisibles según la normativa
Los análisis hacen referencia exclusivamente a las muestras recogidas en el día/hora indicada en este informe

CALIDAD EXPERIENCIA Y HONRADEZ A SU SERVICIO
TEL: 6730960 6625340 FAX: 6625340 E-MAIL: administracion@laboratoriosamparorestrepo.com
DIRECCION: CRA 38 # 35 - 15 BARZAL, VILLAVICENCIO - META