

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

EDNA TATIANA JIMENEZ GALLO

SANDRA MILENA VARGAS TORRES

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA - UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
INGENIERIA AMBIENTAL
ACACIAS
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

EDNA TATIANA JIMENEZ GALLO

SANDRA MILENA VARGAS TORRES

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental

Ángela P. Álvarez R.
Ingeniera Ambiental y Sanitaria
Docente Ocasional
Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA - UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
INGENIERIA AMBIENTAL
ACACIAS
2015

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Acacias, 30 de Septiembre de 2015

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primera instancia Dios quien me bendijo con el don de la Vida y me ha dado la sabiduría, paciencia y serenidad para llevar a cabo este proceso. A mi madre y a su abnegado esfuerzo y dedicación por hacer de mí una persona de bien. A mi Padre que desde el cielo constantemente envía bendiciones para mí. A mi hermano quien siempre ha estado apoyándome en cada una de las etapas de mi vida. A mi pareja que me ha acompañado y animado en este proceso. A mi amiga, hermana y confidente Sandra V. porque sin ella esto no sería igual.

Edna Jiménez

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a DIOS, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor. A mi Madre quien con mucho cariño, amor y ejemplo han hecho de mí una persona con valores para poder desenvolverme como: ESPOSA, MADRE, HIJA Y PROFESIONAL. A mi Esposo que ha estado a mi lado dándome cariño, confianza y apoyo incondicional para seguir adelante y así cumplir otra etapa en mi vida. También a Hijo que es el motivo y la razón que me ha llevado a seguir superándome día a día, para alcanzar mis más apreciados ideales de superación. A mi padre que aunque no están en el mundo terrenal siento que siempre me acompañan y sé, que donde se encuentren estará orgulloso de su hija. A mi gran amiga y compañera Edna es mi mayor ejemplo y mi polo a tierra, además es la causante de que iniciara mis estudios superiores. A todos y cada uno de ellos les dedico cada una de estas páginas.

Sandra Vargas.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a María Santísima, porque gracias a su bendición estoy aquí haciendo la lucha para alcanzar mis metas.

A mi Madre, porque sin su esfuerzo y dedicación esto no hubiese sido posible. Por brindarme cada día su amor, por animarme cuando sentía no poder más, por ser mi amiga y acompañarme completamente en este proceso. Por sus trasnochadas junto a mí y por ser mi motor para triunfar.

A mi Padre, porque aunque no me acompañe su cuerpo, su espíritu permanece a cada instante conmigo y sé que este logro también es suyo.

A mi hermano, por su apoyo incondicional en todo lo que emprendo, por compartir conmigo sus conocimientos, por ser mi amigo y estar siempre para mí cuando lo necesito.

A mi pareja, por acompañarme en este proceso y compartir conmigo alegrías, tristezas, buenos y malos ratos que este camino conlleva.

A mis amigas Sandra Vargas y Daniela Reyes, porque juntas hemos recorrido este camino, hemos luchado, compartido éxitos, risas, llanto pero sobre todo por el ánimo que nos brindamos las unas a las otras.

A la Universidad, por permitirme ser parte del cuerpo de estudiantes y ser el escalón para alcanzar mis metas. Y con ella al Dr. Oscar Olarte por estar pendiente de nuestro proceso y a la ingeniera Ángela quién nos orientó en el desarrollo de este proyecto.

Edna Jiménez.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la vida, la fortaleza, la salud y el amor para seguir siempre adelante sin decaer. Mi sincera gratitud a la Universidad Nacional Abierta y A Distancia – UNAD en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Pecuarias del Medio Ambiente y con ella a su distinguido Ingeniero Oscar Olarte y demás Profesionales que hacen parte del grupo de maestros de la UNAD quienes con su profesionalismo y ética enriquecieron mis conocimientos. A mi Esposo e hijo a quien varias noches me acompañaron y me apoyaron cuando pensaba que era imposible, y por ellos es que cada día deseo superarme. A mis queridas amigas y compañeras de estudio Edna y Daniela que de manera incondicional siempre han estado a mi lado ofreciéndome su apoyo, amor, confianza y aliento para seguir adelante, y quiero que sepan que siempre estarán en mi corazón. A todas las personas que de alguna u otra forma contribuyeron conmigo, reciban este trabajo como suyo y sépanse acreedores de mi especial agradecimiento: Dios los bendiga.

Sandra Vargas

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	17
2. OBJETIVOS	18
2.1 OBJETIVO GENERAL	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	19
3.2 JUSTIFICACIÓN.....	20
4. MARCO TEÓRICO.....	23
5.1 MATERIALES.....	28
5.2 METODOLOGÍA	29
5.2.1. <i>Primer montaje:</i>	29
5.2.2. <i>Segundo montaje</i>	32
5.2.3. <i>Montaje Final</i>	33
6 DESARROLLO DEL PROYECTO	34
6.1 ANÁLISIS DEL DESARROLLO DEL PROYECTO.....	35
CONCLUSIONES	57
RECOMENDACIONES.....	58
ANEXOS.	59
BIBLIOGRAFÍA	68

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Ventajas y Desventajas de la Fitorremediación. Fuente: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo-México.....	24
Tabla 2 Materiales Montaje 1. Fuente: Autoras.....	28
Tabla 3 Materiales Montaje 2. Fuente: Autoras.....	29
Tabla 4 Materiales Montaje Final. Fuente: Autoras	29
Tabla 5 Resultado Análisis Fisicoquímicos y microbiológicos en día de lluvia. Fuente: Autoras	36
Tabla 6 Resultados Turbidez. Fuente Autoras	38
Tabla 7 Resultados Conductividad. Fuente: Autoras.....	38
Tabla 8 Resultados Color. Fuente: Autoras	39
Tabla 9 Resultados Cloruros. Fuente: Autoras.	40
Tabla 10 Resultados Alcalinidad. Fuente: Autoras.....	41
Tabla 11 Resultados Dureza Total. Fuente: Autoras	42
Tabla 12 Resultados Dureza Cálcica. Fuente: Autoras.....	43
Tabla 13 Resultados calcio. Fuente: Autoras.....	44
Tabla 14 Resultados pH. Fuente: Autoras	45
Tabla 15 Resultados Fosfatos. Fuente: Autoras.....	46
Tabla 16 Resultados Sulfatos. Fuente: Autoras	48
Tabla 17 Resultados Hierro. Fuente: Autoras.....	49
Tabla 18 Resultados Aluminio. Fuente: Autoras	49
Tabla 19 Resultados DQO. Fuente: Autoras.....	50
Tabla 20 Resultados DBO5. Fuente: Autoras	51
Tabla 21 Resultados Coliformes Totales. Fuente: Autoras	52
Tabla 22 Resultado Coliformes Fecales. Fuente: Autoras.....	53
Tabla 23 Resultados E. Coli. Fuente: Autoras	54
Tabla 24 Resultados Mesoaerobios. Fuente: Autoras.....	55

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Resultados Análisis Inicial. Fuente: Autoras	37
Gráfica 2 Resultados Análisis Final. Fuente: Autoras	37
Gráfica 3 Resultados Turbidez. Fuente: Autoras	38
Gráfica 4 Resultados Conductividad. Fuente: Autoras	39
Gráfica 5 Resultados Color. Fuente: Autoras	40
Gráfica 6 Resultado Cloruros. Fuente: Autoras	41
Gráfica 7 Resultados Alcalinidad. Fuente: Autoras	42
Gráfica 8 Resultados Dureza Total. Fuente: Autoras	43
Gráfica 9 Resultado Dureza Cálcica. Fuente: autoras	44
Gráfica 10 Resultado Calcio. Fuente: Autoras	45
Gráfica 11 Resultados pH. Fuente: Autoras	46
Gráfica 12 Resultados Fosfatos. Fuente: Autoras	47
Gráfica 13 Resultados Sulfatos. Fuente: Autoras	48
Gráfica 14 Resultados Hierro. Fuente: Autoras	49
Gráfica 15 Resultados Aluminio. Fuente: Autoras	50
Gráfica 16 Resultados DQO. Fuente: Autoras	51
Gráfica 17 Resultados DBO5. Fuente: Autoras	52
Gráfica 18 Resultados Coliformes Totales. Fuente: Autoras	53
Gráfica 19 Resultados Coliformes Fecales. Fuente: Autoras	54
Gráfica 20 Resultados E. Coli. Fuente: Autoras	55
Gráfica 21 Resultados Mesoaerobios. Fuente: Autoras	56

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración A Planta Vetiver. Fuente: Google imágenes.....	25
Ilustración B Sistema de Flotación. Fuente: Google imágenes	30
Ilustración C Ilustración Montaje Inicial. Fuente: Trataguas Venezuela.....	30
Ilustración D Procedimiento Montaje. Fuente: Autoras	30
Ilustración E Procedimiento Montaje. Fuente: Autoras.....	31
Ilustración F Procedimiento Montaje. Fuente: Autoras	31
Ilustración G Procedimiento Montaje. Fuente: Autoras	31
Ilustración H Procedimiento Montaje: Fuente: Autoras	31
Ilustración I Procedimiento Montaje. Fuente: Autoras	31
Ilustración J Procedimiento Montaje. Fuente: Autoras.....	32
Ilustración K Procedimiento Montaje. Fuente: Autoras	32
Ilustración L Procedimiento Montaje. Fuente: Autoras.....	33
Ilustración M Procedimiento montaje. Fuente: Autoras.	33
Ilustración N Montaje Final. Fuente: Autoras	33
Ilustración O Resultado Montaje 1. Fuente: Autoras.....	34
Ilustración P Resultado Montaje 2. Fuente: Autoras.	35

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A Resultados Análisis 27 de Julio de 2015.....	59
ANEXO B Resultados Análisis 10 de Agosto de 2015	61
ANEXO C Resultados Análisis 07 de Septiembre de 2015.....	63
ANEXO D Registro Fotográfico	65
Anexo E Cronograma	67

GLOSARIO

ALCALINIDAD: Capacidad del agua para neutralizar ácidos o aceptar protones.

ALUMINIO: Elemento químico metálico, de símbolo Al, número atómico 13, peso atómico 26.9815, que pertenece al grupo IIIA del sistema periódico. El aluminio puro es blando y tiene poca resistencia mecánica, pero puede formar aleaciones con otros elementos para aumentar su resistencia y adquirir varias propiedades útiles.

CALCIO: Elemento químico, Ca, de número atómico 20; es el quinto elemento y el tercer metal más abundante en la corteza terrestre. Los compuestos de calcio constituyen 3.64% de la corteza terrestre.

CLORUROS: Son una de las sales que están presentes en mayor cantidad en todas las fuentes de abastecimiento de agua y de drenaje.

COLIFORMES FECALES: son microorganismos con una estructura parecida a la de una bacteria común que se llama *Escherichia Coli* y se transmiten por medio de los excrementos.

COLIFORMES TOTALES: son las *Enterobacteriaceae* lactosa-positivas y constituyen un grupo de bacterias que se definen más por las pruebas usadas para su aislamiento que por criterios taxonómicos. Pertenecen a la familia *Enterobacteriaceae* y se caracterizan por su capacidad para fermentar la lactosa con producción de ácido y gas, más o menos rápidamente, en un periodo de 48 horas y con una temperatura de incubación comprendida entre 30-37°C.

Son bacilos gramnegativos, aerobios y anaerobios facultativos, no esporulados. Del grupo <<coliforme>> forman parte varios géneros: *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Citrobacter*, etc. Se encuentran en el intestino del hombre y de los animales, pero también en otros ambientes: agua, suelo, plantas, cáscara de huevo, etc.

COLOR: El color en el agua puede estar asociado a sustancias en solución (color verdadero) o a sustancias en suspensión (color aparente).

CONDUCTIVIDAD: Habilidad o poder de conducir o transmitir calor, electricidad o sonido.

DBO5: Es el parámetro más usado para medir la calidad de aguas residuales y superficiales, determinar la cantidad de oxígeno requerido con el propósito de estabilizar biológicamente la

materia orgánica del agua, diseñar unidades de tratamiento biológico, evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento y fijar cargas orgánicas permisibles en fuentes receptoras.

DQO: Determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua residual, bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo.

DUREZA CALCICA: Cuantifica la dureza por efecto del ion Calcio.

DUREZA TOTAL: 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.

E-COLI: es el nombre de un tipo de bacteria que vive en el intestino. La mayoría de las E. Coli no causan problemas. Pero, algunos tipos pueden producir enfermedades y causar diarrea. Uno de ellos causa la diarrea del viajero. El peor tipo de E. Coli causa una diarrea hemorrágica y a veces puede causar insuficiencia renal y hasta la muerte. Esto, en general, ocurre en niños y en adultos con sistemas inmunitarios debilitados.

EUTROFIZACIÓN: Proceso natural y/o antropogénico que consiste en el enriquecimiento de las aguas con nutrientes, a un ritmo tal que no puede ser compensado por la mineralización total, de manera que la descomposición del exceso de materia orgánica produce una disminución del oxígeno en las aguas profundas. Sus efectos pueden interferir de modo importante con los distintos usos que el hombre puede hacer de los recursos acuáticos

FITORREMEDIACIÓN: es una ecotecnología, basada en la capacidad de algunas plantas para tolerar, absorber, acumular y degradar compuestos contaminantes, que en la actualidad está siendo aplicada en diversos países para recuperar suelos contaminados tanto con compuestos orgánicos como inorgánicos.

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.

HIERRO: El hierro es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre (5%). Es un metal maleable, tenaz, de color gris plateado y magnético.

MESOAEROBIOS: Su recuento es utilizado para determinar el número de células viables o de unidades formadoras de colonias (ufc) en un alimento. Es el indicador más amplio en alimentos, ya que incluye todos los gérmenes aerobios y facultativos que crecen en medios simples a una temperatura entre 20°C y 45°C. Este recuento: *se considera como indicador del

grado de contaminación de los alimentos en cualquier etapa del proceso de producción.*permite obtener información sobre la alteración incipiente de los alimentos y su probable vida útil. Evalúa la calidad de la materia prima y el tratamiento en los productos estables.*Determina condiciones inadecuadas de almacenamiento en productos perecederos.*Indica la presencia de microorganismos peligrosos, ya que es en este rango donde crecen la mayoría de patógenos vehiculados por alimentos.

pH: es un indicador de la acidez de una sustancia. Está determinado por el número de iones libres de hidrógeno (H^+) en una sustancia. La acidez es una de las propiedades más importantes del agua. El agua disuelve casi todos los iones. El pH sirve como un indicador que compara algunos de los iones más solubles en agua.

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.

TURBIDEZ: Es una característica óptica o propiedad de un líquido, que en términos generales describe la claridad u opacidad del líquido

VETIVER: Es una planta herbácea de desarrollo muy rápido, extremadamente resistente a la sequía, a la contaminación y la salinidad. Adaptable a todo tipo de condiciones de cultivo. De tamaño medio, hasta dos metros. Estéril y no invasiva. Con un sistema radicular vertical y muy poderoso.

RESUMEN

Esta investigación está encaminado a demostrar la eficiencia que pueda tener un sistema en la Fito remediación de aguas superficiales, para así poder disminuir la carga de contaminantes de las aguas provenientes del “CAÑO COLA DE PATO” ubicada en el sector rural del Municipio de Acacias – Meta, teniendo en cuenta que es una de las fuentes hídricas contaminadas del Municipio debido al desarrollo de las actividades del ser humano.

Como agente descontaminante se tomara el Pasto Vetiver. Para ello se adecuara la zona a trabajar y se realizaran análisis fisicoquímicos y bacteriológicos periódicamente, para determinar el grado de descontaminación que va teniendo el agua en el sistema. Dependiendo de los resultados obtenidos podremos determinar el uso que se le podría dar a estas aguas una vez surtido su efecto.

PALABRAS CLAVE: Fitorremediación, Aguas Superficiales, Parámetros.

SUMMARY

This research aims to demonstrate the efficiency that can have a system Phyto remediation of surface water, in order to reduce the pollutant load of water from the "CAÑO dovetail" located in the rural area of the municipality of Acacias - meta, considering it is one of the contaminated water sources in the municipality due to the development of human activities.

As descontaminante agent Vetiver was taken. For this area it is adequate to work and physicochemical and bacteriological analyzes are conducted periodically to determine the degree of decontamination is having water in the system. Depending on the results we can determine the use to which it could give these waters once had its effect.

KEYWORDS: Phytoremediation, water, Parameters.

1. INTRODUCCIÓN

Tres cordilleras, dos océanos, páramos, bosques tropicales y una ubicación estratégica le permiten al país tener una generosa oferta hídrica que por largo tiempo lo ubicó como el sexto con más agua en el mundo. Con los años el ranking se ha ido decantando, y ahora se analizan aspectos como la calidad y la disponibilidad que la población tiene del recurso. Bajo esta lupa, Colombia ha descendido varios escalones, a tal punto que el año 2013 fue ubicado en el puesto 24. (Beleño, I).

Con precipitaciones anuales promedio de 1.800 mililitros –cuando en el resto de naciones del planeta son de 900 mililitros–, cerca de 720 mil cuencas hidrográficas y alrededor de 10 ríos con caudales permanentes, se podría pensar que hay agua ilimitada para todos. Sin embargo, la situación es preocupante. El viceministro de Ambiente, Carlos Castaño, afirma que más del 50% del recurso hídrico en Colombia no se puede utilizar por problemas de calidad. “Estamos frente a una situación que necesariamente debemos enmendar. A ello se suma que la oferta de agua en Colombia no está disponible en forma equitativa”¹

Uno de los rasgos característicos de la sociedad moderna es la creciente contaminación de las fuentes hídricas, procedentes de las actividades agrícolas, industriales y domésticas. Estos compuestos representan una amenaza para los Seres vivos, por lo que se ha desarrollado una serie de métodos para enmendar el impacto causado. Los métodos convencionales suelen ser costosos y pueden afectar de manera irreversible las propiedades del agua y con ello los seres vivos que viven y dependen de ella.

El aumento de los costos y la limitada eficiencia de los tratamientos fisicoquímicos han estimulado el desarrollo de nuevas tecnologías. Por lo que la fitorremediación representa una alternativa sustentable y de bajo costo para la rehabilitación de ambientes afectados por contaminantes. Además utiliza las plantas para remover, reducir, reducir, transformar, mineralizar, degradar, volatilizar o estabilizar contaminantes.

Como estudiantes de ingeniería ambiental, se debe demostrar el compromiso que nos asiste por buscar alternativas relacionadas con la implementación de sistemas pertinentes y adecuados; utilizando recursos que nuestro entorno nos brinde. Así pues este proyecto está encaminado a demostrar la eficiencia que pueda tener un sistema en la Fitorremediación de aguas superficiales, para que al disminuir sus cargas contaminantes, puedan tener usos agrícolas, pecuarios, de riesgo o dependiendo de los resultados obtenidos, de consumo humano.

¹ Beleño, I. Universidad nacional de Colombia. (s.f.). Edición: Impreso No. 141. El 50% del Agua en Colombia es de Mala Calidad. Recuperado de: <http://www.unperiodico.unal.edu.co/dper/article/el-50-del-agua-en-colombia-es-de-mala-calidad.html>.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la eficiencia de procesos de fitorremediación mediante pasto vetiver en las aguas superficiales del caño cola de pato ubicado en las coordenadas N 4° 0' 27,8" y W 73° 46' 17,8" del sector rural del municipio de Acacias – Meta.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Evaluar parámetros físico-químicos y microbiológicos de las aguas superficiales del caño cola de pato ubicado en las coordenadas N 4° 0' 27,8" y W 73° 46' 17,8" del sector rural del municipio de Acacias – Meta.
- ✓ Realizar montaje de un sistema de tratamiento de aguas superficiales mediante la utilización de pasto vetiver.
- ✓ Analizar y sistematizar los resultados obtenidos en el desarrollo del montaje con sistema vetiver para la Fitorremediación de aguas superficiales.
- ✓ Presentar alternativas para el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes del área de influencia directa del caño cola de pato.

3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Según el Informe nacional sobre la gestión del agua en Colombia, elaborado con apoyo de la CEPAL², las fuentes que contribuyen al deterioro del agua y al incremento constante de la contaminación en el país son diferentes, siendo los sectores agropecuario, industrial y doméstico los principales responsables, ya que en conjunto generan cerca de 9 mil toneladas de materia orgánica contaminante.

Uno de los informes presentados en el Segundo Foro Mundial del Agua realizado en el año 2000 en La Haya, señala que al entorno natural se descargan casi 4.500.000 m³ de aguas residuales domésticas e industriales, y la mayoría de los municipios no cuentan con plantas para su tratamiento. Ciudades del nivel de Barranquilla tan solo tienen a su disposición lagunas de oxidación antes del vertimiento de las aguas, mientras la capital, Bogotá, cuenta con una planta de tratamiento que solo procesa el 20% de lo que producen los habitantes. (*Beleño, I*).

Según el Estudio Nacional del Agua (2010), que realiza cada cuatro años el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), la mayor parte del sistema hídrico andino colombiano se ha alterado debido al transporte de sedimentos y sustancias tóxicas, con una incidencia marcada de los corredores industriales ubicados en las cuencas de los corredores Bogotá–Soacha, Medellín–Itagüí, Cali–Yumbo, Sogamoso–Duitama–Nobsa, Barranquilla–Soledad y Cartagena–Mamonal, lo que afecta gravemente la calidad del líquido en los ríos Magdalena, Medellín, Bogotá y Cauca. (*Beleño, I*).

El departamento del Meta no es ajeno a esta situación ya que la falta de control y seguimiento de las autoridades ambientales está poniendo en riesgo la riqueza hídrica de los Llanos Orientales. El recurso hídrico presenta las siguientes amenazas: Contaminación por aguas residuales domésticas e industriales (agroquímicos, precursores químicos y actividades petroleras), contaminación proveniente del vertimiento de basuras, cambios en la dinámica hidrológica principalmente en los enclaves de los cultivos de arroz y por la construcción de terraplenes viales, cambios en la dinámica sedimentológica por procesos erosivos, destrucción de zonas de recarga de acuíferos, manejo y uso irracional del recurso, destrucción del bosque ribereño para uso agropecuario e inadecuada regulación de caudales por falta de planificación del recurso.

² Asociación Mundial del Agua y la Comisión Económica para América Latina. Por sus siglas en Inglés.

Dentro del Departamento del Meta se encuentra el Municipio de Acacias donde la mayoría de sus fuentes hídricas presentan agua bacteriológicamente contaminada con Coliformes fecales, valores de PH y dureza que difieren también de los límites admisibles. Cuenta con una planta de tratamiento pero no funciona correctamente por daños en los mezcladores de sulfato de aluminio y cal. (*Periódico El Tiempo, 2015*)

Una de las fuentes hídricas de Acacias es la microcuenca del Caño Cola de Pato que tiene su nacimiento en la Vereda La Palma y desemboca en el Río Acacias en la Vereda Monteliebano.

La contaminación del caño cola de pato está radicada principalmente en los vertimientos que genera la colonia agrícola de Acacias que es una entidad pública adscrita al Instituto Nacional Penitenciario y Carcelario INPEC, este caño provee de agua a este establecimiento; sin embargo también es el receptor de todos sus desechos.

Las aguas vertidas provienen de diversas fuentes como lo son los internos de este Centro penitenciario, que aporta aguas negras y grises a este recurso hídrico, las cuales se aumentan los días de visita. Las actividades de ganadería, agricultura, piscicultura y porcicultura desarrollada en este lugar además de los talleres con que allí cuentan, aportan una carga contaminante muy significativa.

Otros aportantes de la contaminación a este caño, son las viviendas ubicadas en zonas aledañas al caño cola de pato ya que al no contar con sistemas de alcantarillado vierten sus aguas negras y materia orgánica proveniente de sus actividades.

Esta problemática está afectando a la misma comunidad y a nuestra institución, la UNAD, ya que al encontrarse en zona de influencia directa es afectada por la generación de malos olores, la propagación de vectores de enfermedades e incluso conflictos sociales.

3.2 JUSTIFICACIÓN

La falta de acceso a agua potable puede considerarse uno de los mayores problemas en la actualidad, localizada fundamentalmente en países clasificados del Tercer Mundo o en vías de desarrollo. Los problemas de abastecimiento se ven agravados debido a la infiltración de aguas residuales procedentes de los pueblos a las corrientes y fuentes de agua utilizados para consumo humano, agricultura y ganadería, provocando su contaminación y la proliferación de enfermedades como diarreas, gastroenteritis, malaria, fiebres, cólera, tífus, etc. (REMTAVARES.)

Según los estudios realizados por diversos investigadores del ámbito internacional avalados por la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.) se tiene que en el mundo las enfermedades vinculadas con el agua como la fiebre tifoidea, la salmonelosis, la disentería bacilar y amebiana, la gastroenteritis y la amibiasis, entre otras, están ocasionado la muerte de un niño cada 8 segundos y además son la causa del 80% del total de las enfermedades y muertes en el mundo en desarrollo, situación que resulta mucho más trágica si se tiene en cuenta que desde hace mucho tiempo se conoce que esas enfermedades se puedan prevenir fácilmente. (UNI, 2010).

Cada año mueren más de tres millones de menores de cinco años por causas y afecciones relacionadas con el medio ambiente. El medio ambiente es, pues, uno de los factores que influyen de forma más decisiva en el tributo mundial de diez millones de defunciones infantiles anuales, y uno muy importante para la salud y el bienestar de las madres.

El aire interior y exterior y el agua contaminados, la falta de saneamiento adecuado, los riesgos de toxicidad, los vectores de enfermedades, la radiación ultravioleta y los ecosistemas degradados son factores ambientales de riesgo importantes para los niños, y en la mayor parte de los casos para sus madres también. En particular en los países en desarrollo, los riesgos y la contaminación ambientales contribuyen de manera muy importante a la mortalidad, la morbilidad y la discapacidad infantiles asociadas a las enfermedades respiratorias agudas, enfermedades diarreicas, traumatismos físicos, intoxicaciones, enfermedades transmitidas por insectos e infecciones perinatales. La mortalidad y la morbilidad infantiles debidas a causas como la pobreza y la malnutrición también van asociadas a modalidades insostenibles de desarrollo y a la degradación del medio ambiente urbano o rural. (Organización Mundial de la Salud)

Es importante realizar estudios que permitan identificar métodos que brinden opciones a comunidades que no tienen acceso al agua potable ni al saneamiento básico debido a la inexistencia de sistemas de tratamiento de agua potable y de aguas residuales. Así pues, demostrar la efectividad de métodos fáciles, no muy costosos y amigables con el ambiente, ayudará a solucionar la crisis que gran número de poblaciones atraviesan. Es por ello que realizando esta investigación además de generar conocimientos, también se estará haciendo un aporte social muy grande

Además de los beneficios generados a la comunidad, no podemos dejar de lado al CEAD Acacias de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, ya que ésta se encuentra en zona de influencia directa del caño cola de Pato; así pues, con este proyecto se pretende además de lo mencionado con anterioridad, se le pueda dar un uso posterior en las

instalaciones del CEAD al agua tratada del caño cola de pato. Dependiendo de los resultados obtenidos las aguas pueden ser usadas en un sistema de riego para el jardín de la universidad; además de ello, a partir de este proyecto se pueden implementar nuevos proyectos en la universidad, como por ejemplo la piscicultura.

Tomando como referencia el problema de contaminación hídrica del Caño Cola de Pato que limita con las instalaciones del CEAD de Acacias de la UNAD y analizando los beneficios de la Fitorremediación dos estudiantes de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD del CEAD Acacias, toman como opción de grado desarrollar un proyecto de investigación el cual lleva por nombre ‘‘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’’

4. MARCO TEÓRICO

¿Qué es la fitorremediación?

La fitorremediación es una ecotecnología, basada en la capacidad de algunas plantas para tolerar, absorber, acumular y degradar compuestos contaminantes, que en la actualidad está siendo aplicada en diversos países para recuperar suelos contaminados tanto con compuestos orgánicos como inorgánicos. Frente a las tradicionales técnicas físico-químicas, la fitorremediación presenta diversas ventajas entre las que se puede destacar su menor coste económico, su aproximación más respetuosa con los procesos ecológicos del ecosistema edáfico, y el hecho de ser una tecnología social, estética y ambientalmente más aceptada. Por ello, no es de extrañar que la fitorremediación se contemple cada vez más como una alternativa medioambientalmente respetuosa, frente a las técnicas físico-químicas. (Ecologistas en Acción, s.f)

La fitorremediación se puede aplicar siempre que el suelo o el medio ambiente estático del agua se han contaminado o está sufriendo la contaminación crónica en curso. Ejemplos en los que la fitorremediación ha sido utilizado con éxito incluyen la restauración de labores abandonadas minas de metal, lo que reduce el impacto de los sitios en los bifenilos policlorados han sido objeto de dumping durante la fabricación y la mitigación de las descargas en curso en minas de carbón.

La fitorremediación se refiere a la capacidad natural de ciertas plantas llamadas hiperacumuladoras a la bioacumulación, degradan, o hacen contaminantes inofensivos en los suelos, el agua o el aire. Los contaminantes tales como metales, plaguicidas, solventes, explosivos, y el petróleo crudo y sus derivados, se han mitigado en los proyectos de fitorremediación en todo el mundo. Muchas plantas, como las plantas de mostaza, alpino pennycress, cáñamo y bledo han demostrado ser exitosos en hiperacumuladoras contaminantes en sitios de desechos tóxicos

La fitorremediación, por sí misma, muestra una serie de ventajas y limitaciones en comparación con otras tecnologías convencionales, las cuales se presentan en la tabla 1.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Se puede realizar in situ y ex situ	En especies como los árboles o arbustos, la Fitorremediación es un proceso relativamente lento

Se realiza sin necesidad de trasportar el sustrato contaminado, con lo que se disminuye la diseminación de contaminantes a través del aire o del agua.	Se restringe a sitios de contaminación superficial dentro de la rizósfera de la planta.
Es una tecnología sustentable.	El crecimiento de las plantas
	Está limitado por concentraciones toxicas de contaminantes, por lo tanto, es aplicable a ambientes con concentraciones bajas de contaminantes.
Es eficiente tanto para contaminantes orgánicos como inorgánicos.	En el caso de la Fito volatilización, los contaminantes acumulados en las hojas pueden ser liberados nuevamente al ambiente.
Es de bajo costo.	Los contaminantes acumulados en maderas pueden liberarse por procesos de combustión.
No requiere personal especializado para su manejo	La solubilidad de algunos contaminantes puede incrementarse, resultando en un mayor daño ambiental o migración de contaminantes
No requiere consumo de energía.	No todas las plantas son tolerantes o acumuladoras
Sólo requiere de prácticas agronómicas convencionales.	Se requieren áreas relativamente grandes.
Es poco perjudicial para el ambiente.	
Actúa positivamente sobre el suelo, mejorando sus propiedades físicas y químicas, debido a la formación de una cubierta vegetal.	
Tiene una alta probabilidad de ser aceptada por el público, ya que es estéticamente agradable.	
Evita la excavación y el tráfico pesado	
Se puede emplear en agua, suelo, aire y sedimentos	

Tabla 1 Ventajas y Desventajas de la Fitorremediación. Fuente: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo-México

Una de las plantas que se encuentran dentro del proceso de Fitorremediación es la a planta de vetiver, que es una gramínea perenne, de tupidos penachos, con inflorescencia y semilla estériles que se reproducen con dificultad.

Como no tiene rizoma radicular o haces enraizados, la planta crece en grandes macollos a partir de una masa radicular muy ramificada y esponjosa. Sus tallos erguidos en forma recta alcanzan una altura de 0.5 a 1.5 m. La hojas son relativamente rígidas, largas y angostas y tienen hasta 75 cm. de largo y no más de 8 mm de ancho. La panícula (en donde se desarrolla la inflorescencia) tiene entre 15 a 40 cm de largo. (Alegre J, 2007).

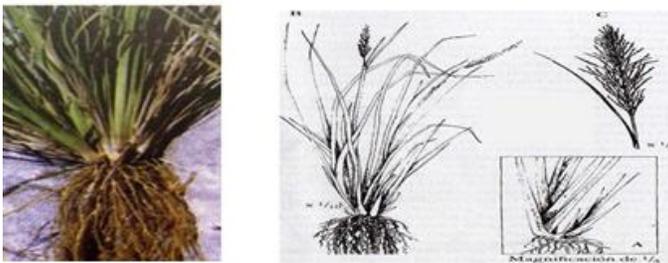


Ilustración A Planta Vetiver. Fuente: Google imágenes

Entre las características del pasto vetiver se ha comprobado su tolerancia a condiciones ambientales que para otras plantas no podría soportarse, como por ejemplo la estabilidad frente a temperaturas extremas, suelos erosionados, altas pendientes, poca disponibilidad de agua, diversidad de climas, entre otras cosas.

El pasto vetiver parece ser susceptible a enfermedades cuando es débil y no crece bien, principalmente en suelo no muy profundo en asociación con condiciones de sequía extrema. Bajo estas condiciones hasta ataques de hongo en la raíz puede suceder. En zonas semiáridas las termitas pueden ser un problema cuando hacen sus nidos en las barreras, atrancadas por las partes secas de las plantas. Si el ataque es muy severo, los montículos criados por las termitas puedan sofocar el vetiver. Baja esas condiciones una quema anual de las barreras de vetiver reducirá la incidencia de daños de las termitas por la retirada del material muerto de la planta. (Vetiver, org).

Las principales aplicaciones de la tecnología Vetiver son la conservación de agua y sedimentos, la estabilización de pendientes, la rehabilitación de campos de cultivo, la recuperación de suelos y la prevención de catástrofes naturales.

Las barreras de vetiver son también de gran utilidad para proteger acequias, cañerías y cursos de agua, estabilización y delimitación de caminos y carreteras, reforzamiento de estructuras de todo tipo y prevención de corrimientos de tierra.

Otras aplicaciones son:

- Barrera contra la erosión.
- Cortavientos.
- Barrera anti-fuego.
- Barrera para control de avalanchas de agua.
- Barrera visual y acústica.
- Barrera antipolución atmosférica.
- Delimitación de áreas diversas.
- Creación de presas de tierra de bajo coste.
- Prevención de desastres naturales.
- Mantenimiento de taludes de tierra.
- Control de sedimentos.
- En barrancos, pendientes y taludes, para la conservación del agua y el sustrato.
- Formación de banales vivos y naturales.
- Prevención de corrimientos de tierras y desastres naturales.
- Fuente de mulch (restos vegetales, en este caso hojas cortadas) para protección del suelo.
- Especie pionera para reforestación de áreas problemáticas o difíciles.
- Creación, conservación y potenciación de sistemas agroforestales.
- Recarga de acuíferos y aguas subterráneas.
- Protección de cultivos.
- Protección y delimitación de vías y caminos.
- Protección y defensa de acequias y cursos de agua

Dentro de sus usos y propiedades se encuentra:

a. Raíces

- Su principal uso es para extraer la esencia.
- En la preparación de polvos y pastillas perfumadas.
- Por maceración en alcohol se obtiene un extracto usado en perfumería.
- Como antipolilla, tal como la lavanda.

b. Esencia

- En perfumería tiene gran importancia por su poca volatilidad, sirve para fijar los perfumes más volátiles.
- En jabonería y composiciones.
- Para la separación de alcoholes sesquiterpénicos.

c. Hojas

- Para fabricar sombreros
- Para techar viviendas rústicas.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

Para lograr resultados favorables con el pasto vetiver y las aguas de superficiales del Caño Cola de Pato del Municipio de Acacia- Meta, las estudiantes de Ingeniera Ambiental del CEAD de Acacias, desarrollaron tres montajes, ya que con cada uno se buscaba reducir los parámetros de contaminación sin alterar el ambiente ni generar proliferación de larvas. Sumado a ello que al ser un proyecto de investigación se estuvo expuesta al ensayo y error.

5.1 MATERIALES

Primer montaje

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
1	Pasto vetiver	67	Macollos
2	Envío de pasto de Ibagué - Acacias	1	Envío
3	Canecas de 110 Litros	4	Unidad
4	Llave plástica para agua	1	Unidad
5	Botellas plásticas 600 ml	28	Unidad
6	Cabuya	1	Rollo
7	Silicona especial	1	Unidad
8	Canecas pequeña	2	Unidad
9	Tapabocas	2	Unidad
10	Guantes de látex	2	Par
11	Bisturí	1	Unidad
12	Cuchillo	1	Unidad

Tabla 2 Materiales Montaje 1. Fuente: Autoras

Segundo montaje

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
1	Pasto vetiver	16	Macollos
2	Envío de pasto de Ibagué -Acacias	1	Envío
3	Vitrina	1	Unidad
4	Teja	2	Unidad
5	Amarres para teja	1	Paquete
6	Transporte de madera	1	Pasaje
7	Icopor	1	Lamina
8	Clavijas	2	Unidad
9	Benjamín	1	Unidad

10	Cable	17	Metros
11	Análisis físico y microbiológico del agua	1	Paquete
12	Transporte "Llevada de muestra"	2	Pasaje
13	Transporte "Recogida de recipientes"	2	Pasaje
14	Plástico transparente	13	Metros
15	Tapabocas	4	Unidad
16	Guantes de látex	4	Par
17	Alambre dulce	3	Metros
18	Plástico transparente	13	Metros
19	Martillo	1	Unidad
20	Pala	1	Unidad
21	Bomba recirculadora de agua	1	Unidad
22	Bisturí	1	Unidad

Tabla 3 Materiales Montaje 2. Fuente: Autoras

Montaje Final

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
1	Balde de 20 litros	1	Unidad
2	Análisis físico y microbiológico del agua	2	Paquete
3	Transporte "Llevada de muestra"	4	Pasaje
4	Transporte "Recogida de recipientes"	4	Pasaje
5	Bomba recirculadora de agua	1	Unidad
6	Tapabocas	4	Unidad
7	Guantes de látex	8	Par

Tabla 4 Materiales Montaje Final. Fuente: Autoras

5.2 METODOLOGÍA

5.2.1. Primer montaje:

Como técnica se implementó "Sistema de flotación" el cual consiste en mantener el vetiver flotando, a través de flotadores con botellas plásticas Pet, tal y como lo ilustra la imagen.



Ilustración B Sistema de Flotación. Fuente: Google imágenes

Para este montaje se tomaba efluente del Caño Cola de Pato para disponerlo en una caneca con el montaje de flotadores y Vetiver. Se deja 15 días en la que los parámetros del agua cambian y se traspara a una segunda caneca con flotadores y vetiver. La primera caneca nuevamente se llena con efluente del caño y así sucesivamente hasta que el efluente llegue a una cuarta caneca que es donde la carga orgánica debe de bajar.



Ilustración C Ilustración Montaje Inicial. Fuente: Trataguas Venezuela

5.2.1.1. Paso a paso del montaje

Para iniciar se toma las botellas y se desprenden las etiquetas, luego se lavan con agua y jabón para eliminar residuos del producto de envasado.



Ilustración D Procedimiento Montaje. Fuente: Autoras



Ilustración E Procedimiento Montaje.
Fuente: Autoras

Posteriormente se amarran una botella a la otra con el fin de formar la circunferencia de la caneca de y así el vetiver flote.

A la caneca se les instala dos llaves, la primera está ubicada en el centro de la caneca para poder extraer muestras del agua con el fin de realizar los análisis físicos y microbiológicos. La segunda llave está ubicada en la parte inferior de la caneca, para poder vaciar sin alterar el montaje.



Ilustración F Procedimiento Montaje.
Fuente: Autoras



Ilustración G Procedimiento Montaje.
Fuente: Autoras

Se llena la caneca con efluente del Caño Cola de Pato. Luego se introduce el flotador de botellas Pet con el vetiver.



Ilustración I Procedimiento Montaje. Fuente: Autoras



Ilustración H Procedimiento Montaje: Fuente: Autoras

5.2.2. Segundo montaje

Se toma un sistema de flotación a través de una lámina de icopor y se introduce una bomba que permita recircular el agua para lograr oxigenación y así evitar proliferación de larvas y descomposición del agua. Además el montaje es adecuado bajo una caseta la cual no permite tener contacto directo con el sol ni la lluvia. Se cambia la caneca por una vitrina de vidrio con el fin de poder observar parámetros visuales como color entre otras.

Este montaje se deja quieto por 45 días en lo que se realizaran inspecciones visuales y análisis físico químico y microbiológicos al inicio y final de la prueba. Se espera que una vez se culmine el tiempo, el agua haya cambiado los parámetros de contaminación y que el Vetiver crezca.

5.2.2.1. Paso a paso del montaje

Como en las Instalaciones en las que se desarrolló el proyecto no se contaba con una caseta o lugar que cumpliera con las condiciones para el montaje se construyó una pequeña caseta, la cual se forro con plástico hasta el centro tal y como lo muestra la imagen.



Ilustración J Procedimiento Montaje. Fuente: Autoras



Ilustración K Procedimiento Montaje. Fuente: Autoras

Posteriormente se corta la lámina de icopor de tal manera que se sostenga en la superficie de la vitrina, luego se le realiza unos pequeños agujeros para colocar el Vetiver, tal y como lo muestra la imagen.



Ilustración L Procedimiento Montaje. Fuente: Autoras

Luego se introduce la bomba para recirculación y se llena la vitrina con efluente del Caño Cola de Pato, para así poder colocar el montaje del icopor en la superficie de la vitrina tal y como lo muestra la imagen.



Ilustración M Procedimiento montaje. Fuente: Autoras.

5.2.3. Montaje Final

Es similar al segundo montaje solo que se cambia el recipiente, ya no es vitrina ahora es una caneca plástica transparente, ya que con la vitrina se tuvieron fugas de agua y por ende no se logró culminar el proceso. Además el tiempo se reduce ya a 29 días en los que se espera encontrar resultados.



Ilustración N Montaje Final. Fuente: Autoras

6 DESARROLLO DEL PROYECTO

La evaluación de procesos de fitorremediación comprende una serie de elementos, desde entrar a analizar la planta como tal que se utiliza para realizar este tipo de investigaciones hasta ver todos los factores externos que pueden ocurrir durante su desarrollo.

En este caso esta investigación está encaminada a analizar los resultados que se obtienen al utilizar el pasto vetiver como material vegetal en la fitorremediación de las aguas del caño cola de pato ubicado en el municipio de Acacias – Meta.

Para el primer montaje y segundo no se cuenta con resultados físicos y microbiológicos ya que factores externos irrumpieron los montajes. Por ende el tercer montaje será catalogado como el final.

En el montaje 1 el agua tomo un color morado y se proliferaron larvas que podían acarrear problemas de sanidad en el lugar en el que se estaba desarrollando el proyecto; presentaba olor fétido. Por tal motivo y en aras de mejorar las condiciones del montaje se inició un nuevo proceso.



Ilustración O Resultado Montaje 1. Fuente: Autoras

En el montaje No. 2 realizado en una vitrina de vidrio. Se lograron tomar los análisis del agua que allí había sido depositada para dar inicio una vez más a la investigación. Aunque se había realizado una prueba a la vitrina para verificar que no tuviera fugas, el día de la instalación al parecer por la presión ejercida al introducir el icopor con los macollos de vetiver se produjo una pequeña fisura que ocasionó el derrame del agua; motivo por el cual no se logró continuar la investigación por este método.



Ilustración P Resultado Montaje 2. Fuente: Autoras.

Cabe resaltar que el tiempo de retención del agua tomada para la realización de esta investigación fue de 29 días que fue la duración del tercer montaje. Aunque el tiempo fue corto, se encontraron variaciones importantes en los resultados iniciales en comparación con los finales hasta en un porcentaje de remoción del 70%.

El porcentaje de remoción que encontrarán en el siguiente literal fue hallado mediante la fórmula:

$$\% \text{ remoción} = \frac{V_{pi} - V_{pf}}{V_{pi}} * 100$$

En donde,

V_{pi} = Valor de Parámetro inicial

V_{pf} = Valor de Parámetro final

6.1 ANÁLISIS DEL DESARROLLO DEL PROYECTO

En el desarrollo del proyecto se realizó una muestra de las aguas del caño cola de pato las cuales serían utilizadas como muestra inicial para el desarrollo de la presente investigación; teniendo en cuenta lo descrito en el ítem anterior no fue posible dar inicio al proyecto con esta muestra, sin embargo a continuación se relacionan los resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos realizados. Cabe resaltar que durante la toma de esta muestra se presentaron precipitaciones en la zona es por ellos que los valores de turbidez y color están tan elevados.

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO			
PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR ADMISIBLE
Turbidez	45,46	UNT	2 UNT
Conductividad	19,54	us/cm	1000 us/cm
Color	52	UPC	15 UPC
Cloruros	4,5	mg/L Cl	250mg/L Cl
Alcalinidad	12	mg/L CaCO ₃	200 mg/L CaCO ₃
Dureza Total	11	mg/L CaCO ₃	300 mg/L CaCO ₃
Dureza Cálctica	14,3	mg/L CaCO ₃	N/R
Calcio	5,7	mg/L Ca ⁺⁺	60 mg/L Ca ⁺⁺
pH	6,22	Unidades	6,5 - 9 Unidades
Fosfatos	0,284	mg/L PO ₄ ⁼	0,5 mg/L PO ₄ ⁼
Sulfatos	9,3	mg/L (SO ₄) ₂ ⁻	2 mg/L (SO ₄) ₂ ⁻
Hierro	4,04	mg/L Fe	0,3 mg/L Fe
Aluminio	0,28	mg/L Al	0,2 mg/L Al

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO RESIDUAL

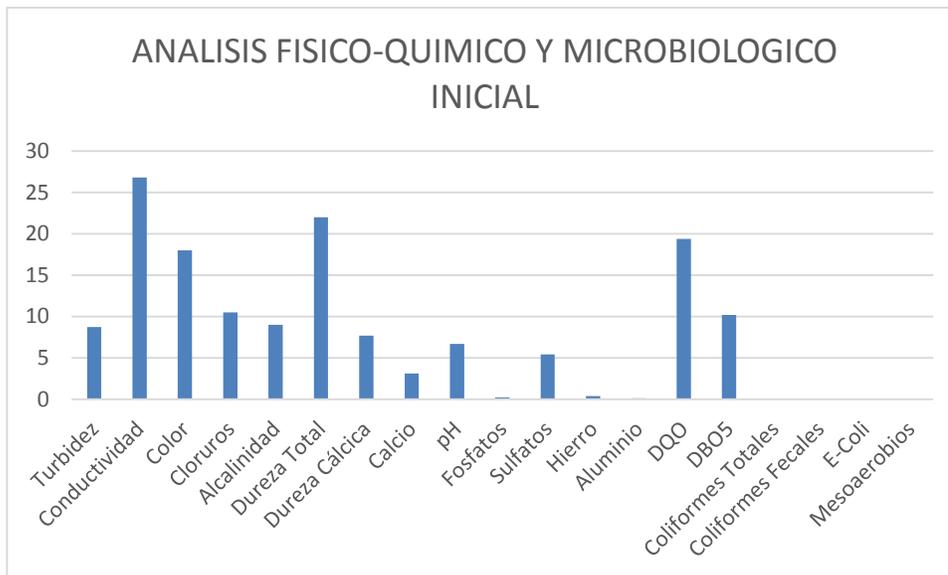
PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA
DQO	32,8 ppm	ppm
DBO ₅	15,3 ppm	ppm

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

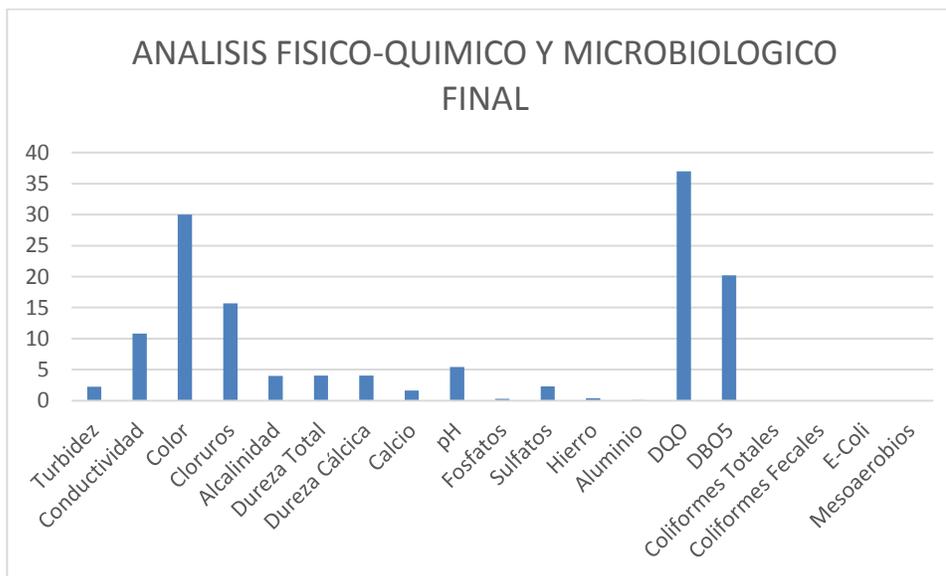
PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR ADMISIBLE
Coliformes Totales	94X10 ⁻³	NMP/100mL	Ausencia en 100 cm ³
Coliformes Fecales	94X10 ⁻³	NMP/100mL	Ausencia en 100 cm ³
E-Coli	94	NMP/100mL	Ausencia en 100 cm ³
Mesoaerobios	17x10 ⁻³	ufc/1mL	Ausencia en 100 cm ³

Tabla 5 Resultado Análisis Físicoquímicos y microbiológicos en día de lluvia. Fuente: Autoras

De los análisis físicoquímicos y microbiológicos realizados al agua que quedó en el montaje final se obtuvieron los siguientes resultados:



Gráfica 1 Resultados Análisis Inicial. Fuente: Autoras



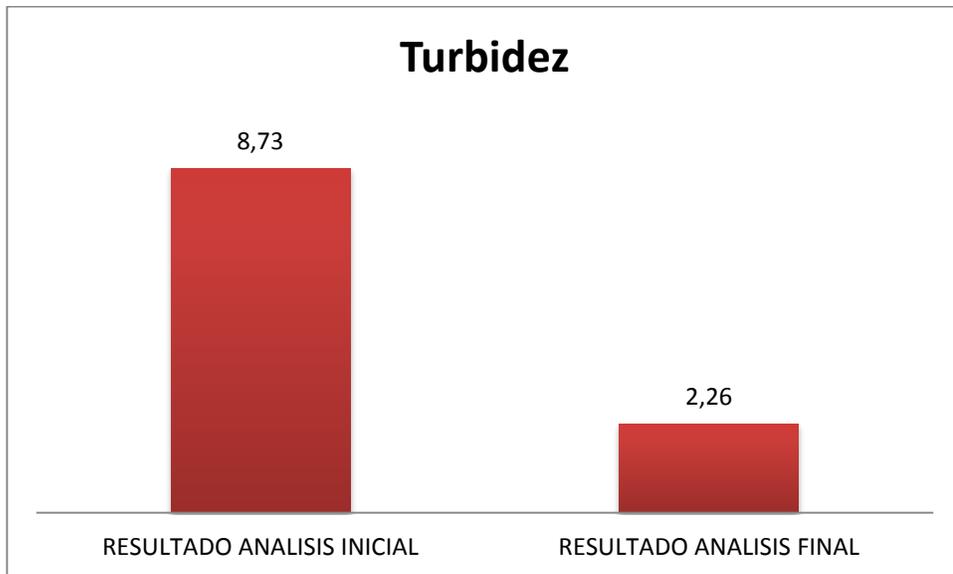
Gráfica 2 Resultados Análisis Final. Fuente: Autoras.

A continuación se relacionan los resultados obtenidos por cada uno de los parámetros medidos en los análisis realizados en el agua antes y después de implementado el sistema de tratamiento con pasto vetiver.

- **Turbidez.**

RESULTADO ANALISIS INICIAL	RESULTADO ANALISIS FINAL	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR ADMISIBLE	% DE REMOCIÓN
8,73	2,26	UNT	2 UNT	74,11

Tabla 6 Resultados Turbidez. Fuente Autoras



Gráfica 3 Resultados Turbidez. Fuente: Autoras

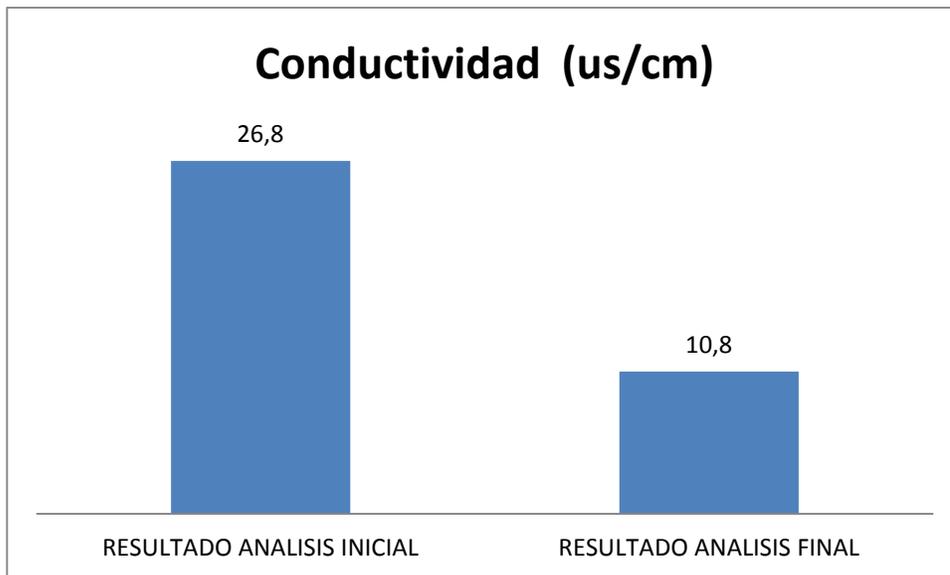
La turbidez del agua se genera por la presencia de partículas en suspensión. El uso de pasto Vetiver favoreció la disminución de la turbidez en un 74,11%. Es importante reducir este parámetro pues elevados niveles de turbidez pueden proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección, estimular la proliferación de bacterias y aumentar la demanda de cloro.

Aunque no se obtuvo un valor que estuviese dentro del admisible que corresponde a 2 NTU, el % de remoción presentado es significativo.

- **Conductividad**

RESULTADO ANALISIS INICIAL	RESULTADO ANALISIS FINAL	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR ADMISIBLE	% DE REMOCIÓN
26,8	10,8	us/cm	1000 us/cm	59,70

Tabla 7 Resultados Conductividad. Fuente: Autoras



Gráfica 4 Resultados Conductividad. Fuente: Autoras

La conductividad eléctrica refleja la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica, y está directamente relacionada con la concentración de sales disueltas en el agua. Por lo tanto, la conductividad eléctrica está relacionada con los sólidos totales Disueltos. Es por esto que la conductividad es una medida generalmente útil como indicador de la calidad de aguas dulces.

Una conductividad superior a 1500 us/cm puede indicar que el agua no es adecuada para la vida de ciertas especies de peces o invertebrados.

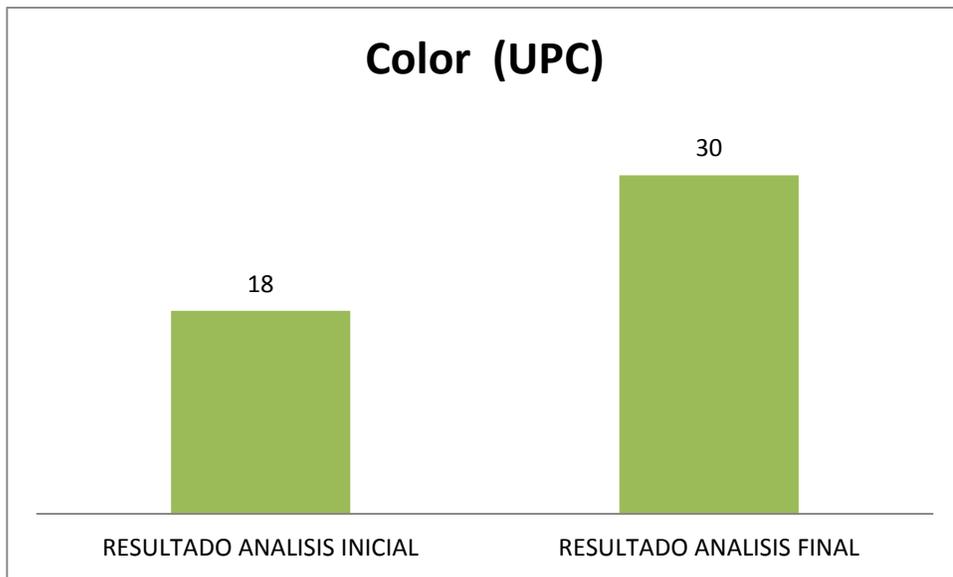
La conductividad eléctrica del agua también depende de la temperatura del agua: mientras más alta la temperatura, más alta sería la conductividad eléctrica.

Aunque desde la muestra inicial la conductividad se encuentra dentro de un valor admisible es importante recalcar la disminución que tuvo con la implementación del sistema Vetiver, ya que esta conductividad se redujo en un 59,70%.

- **Color**

RESULTADO ANALISIS INICIAL	RESULTADO ANALISIS FINAL	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR ADMISIBLE	% DE REMOCIÓN
18	30	UPC	15 UPC	-66,67

Tabla 8 Resultados Color. Fuente: Autoras



Gráfica 5 Resultados Color. Fuente: Autoras.

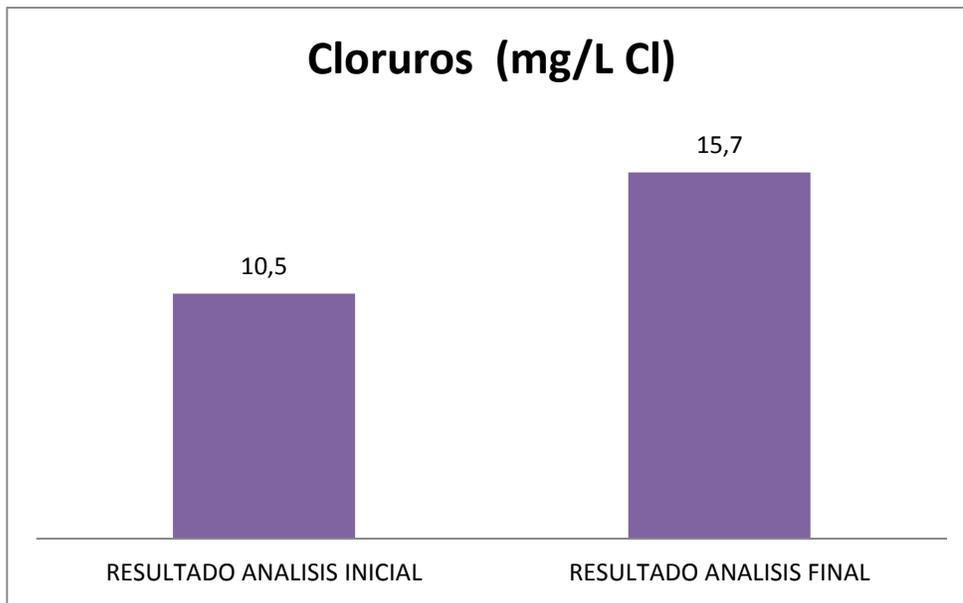
El color de las aguas naturales se debe a la presencia de sustancias orgánicas disueltas o coloidales, de origen vegetal y, a veces, sustancias minerales (sales de hierro, manganeso, etc.).

El aumento en el Color es el resultado de la presencia de materiales de origen vegetal tales como lama (algas) las cuales aparecen debido a la falta de filtración y recirculación total del agua y al aumento de la temperatura que se genera en las aguas sin movimiento.

- **CLORUROS**

RESULTADO ANALISIS INICIAL	RESULTADO ANALISIS FINAL	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR ADMISIBLE	% DE REMOCIÓN
10,5	15,7	mg/L Cl	250mg/L Cl	-49,52

Tabla 9 Resultados Cloruros. Fuente: Autoras.



Gráfica 6 Resultado Cloruros. Fuente: Autoras

Las aguas naturales tienen contenidos muy variables en cloruros dependiendo de las características de los terrenos que atraviesen. Los contenidos en cloruros de las aguas naturales no suelen sobrepasar los 50-60 mg/l. ³El contenido en cloruros no suele plantear problemas de potabilidad a las aguas de consumo. Un contenido elevado de cloruros puede dañar las conducciones y estructuras metálicas y perjudicar el crecimiento vegetal.

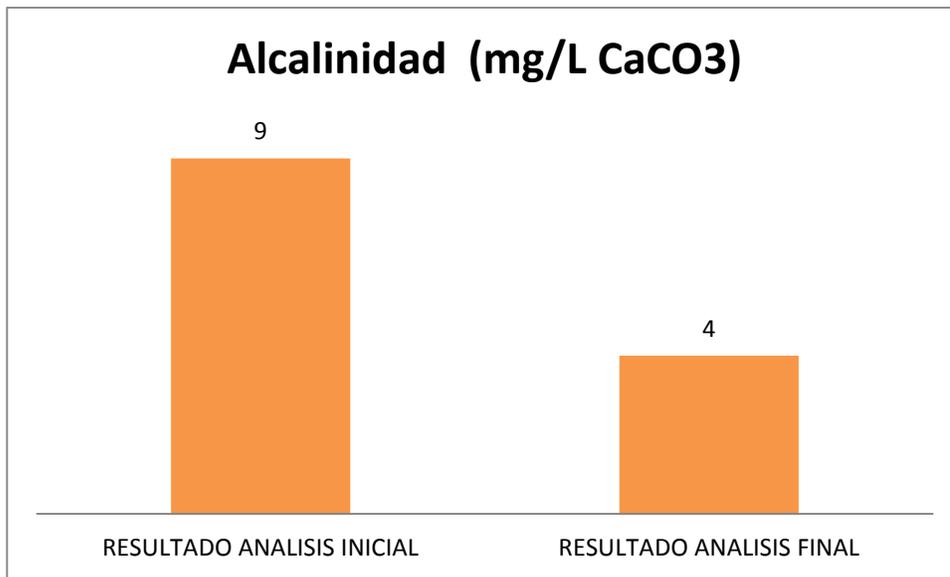
El volumen de agua en el sistema con vetiver tiende a decrecer por el consumo de la planta, por lo que aumenta la concentración relativa de sales y con ella los cloruros.

- **Alcalinidad**

RESULTADO ANALISIS INICIAL	RESULTADO ANALISIS FINAL	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR ADMISIBLE	% DE REMOCIÓN
9	4	mg/L CaCO ₃	200 mg/L CaCO ₃	55,56

Tabla 10 Resultados Alcalinidad. Fuente: Autoras.

³ Enciclopedia Medioambiental. Aguas. (s.f.). Determinación del Cloruro. Recuperado de: http://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/Determinacion_de_cloruro.asp



Gráfica 7 Resultados Alcalinidad. Fuente: Autoras

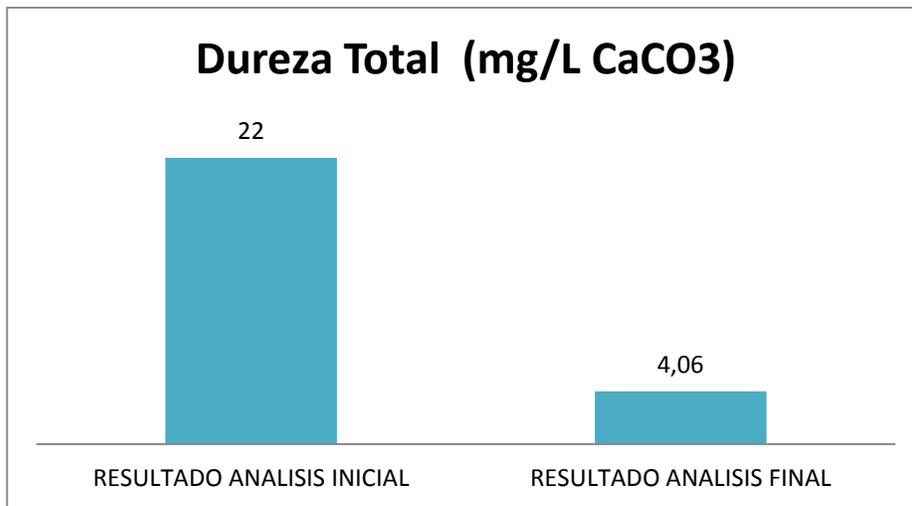
Definimos la alcalinidad total como la capacidad del agua para neutralizar ácidos y representa la suma de las bases que pueden ser tituladas. No sólo representa el principal sistema amortiguador (sustancia en solución que ofrece resistencia a los cambios de pH) del agua dulce, sino que también desempeña un rol principal en la productividad de cuerpos de agua naturales, sirviendo como una fuente de reserva de CO₂ para la fotosíntesis.

Internacionalmente es aceptada una alcalinidad mínima de 20 mg de CaCO₃/L para mantener la vida acuática. Así pues, en esta muestra de agua se observa que existen alcalinidades inferiores lo cual hace que las aguas se vuelvan muy sensibles a la contaminación, ya que no tienen capacidad para oponerse a las modificaciones que generen disminuciones del pH (acidificación).

- **Dureza Total**

RESULTADO ANALISIS INICIAL	RESULTADO ANALISIS FINAL	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR ADMISIBLE	% DE REMOCIÓN
22	4,06	mg/L CaCO ₃	300 mg/L CaCO ₃	81,55

Tabla 11 Resultados Dureza Total. Fuente: Autoras



Gráfica 8 Resultados Dureza Total. Fuente: Autoras

La DUREZA es una característica química del agua que está determinada por el contenido de carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos y ocasionalmente nitratos de calcio y magnesio.

La dureza es indeseable en algunos procesos, tales como el lavado doméstico e industrial, provocando que se consuma más jabón, al producirse sales insolubles e incrustaciones en los tanques de caldera.

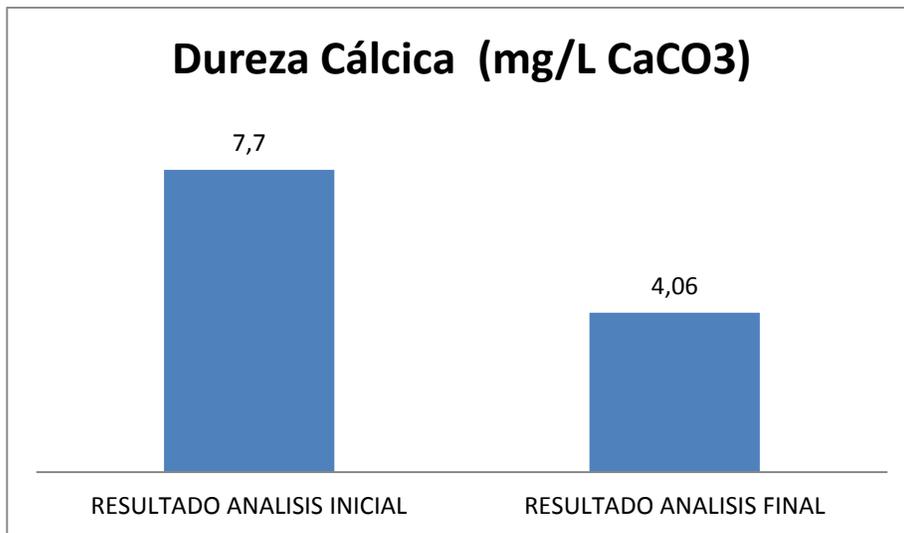
Las aguas que se están analizando son aguas suaves, pues sus valores están entre 0 y 75 mg/L CaCO₃. Este parámetro tuvo un importantes % de remoción el cual ascendió al 81,55%.

Desde el punto de vista sanitario, las aguas duras son tan satisfactorias para el consumo humano como las aguas blandas; sin embargo, un agua dura requiere demasiado jabón para la formación de espuma y crea problemas de lavado; además deposita lodo e incrustaciones sobre las superficies con las cuales entra en contacto, así como en los recipientes, calderas o calentadores en los cuales se calienta.

- **Dureza Cálctica**

RESULTADO ANALISIS INICIAL	RESULTADO ANALISIS FINAL	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR ADMISIBLE	% DE REMOCIÓN
7,7	4,06	mg/L CaCO ₃	N/R	47,27

Tabla 12 Resultados Dureza Cálctica. Fuente: Autoras



Gráfica 9 Resultado Dureza Cálctica. Fuente: autoras

Un agua Dura es aquella que consume una gran cantidad de jabón antes de formar una espuma estable. El Jabón se precipita principalmente por los cationes de calcio y de magnesio que comúnmente se presentan en las aguas naturales.

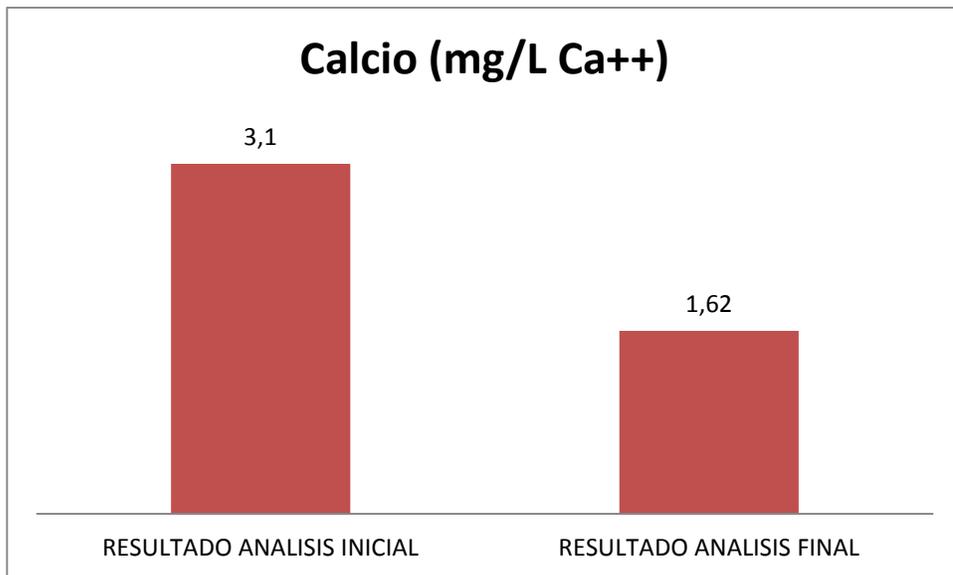
No se ha encontrado ninguna correlación entre las aguas con alto contenido de dureza y daños al organismo. Los problemas más bien son de tipo doméstico.

Si bien es cierto esta muestra de agua se clasifica como un agua blanda, es importante reconocer que el sistema vetiver redujo en un 47,27% este parámetro.

- Calcio

RESULTADO ANALISIS INICIAL	RESULTADO ANALISIS FINAL	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR ADMISIBLE	% DE REMOCIÓN
3,1	1,62	mg/L Ca ⁺⁺	60 mg/L Ca ⁺⁺	47,74

Tabla 13 Resultados calcio. Fuente: Autoras



Gráfica 10 Resultado Calcio. Fuente: Autoras

La presencia de Calcio en las aguas naturales se debe a su paso sobre depósitos de piedra caliza, yeso y dolomita.

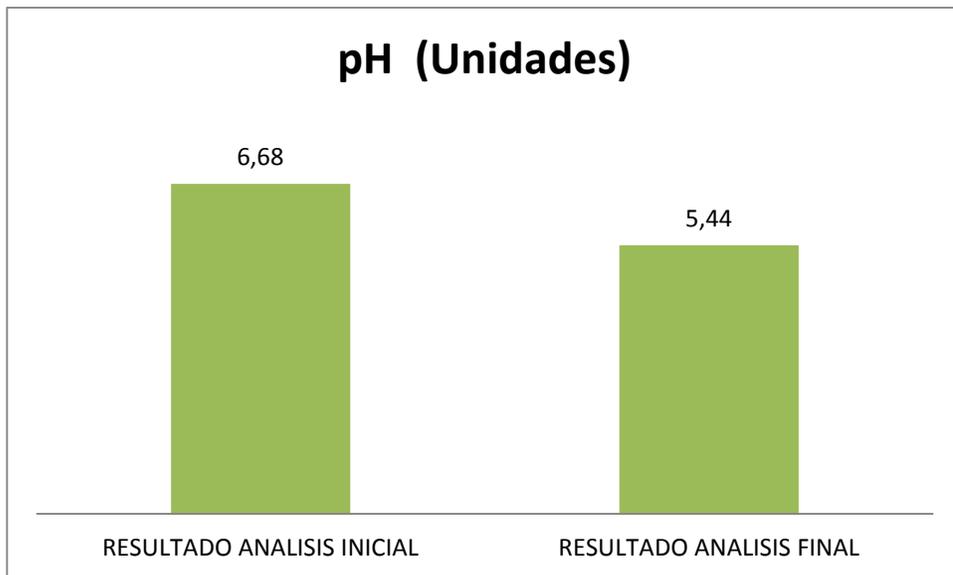
La cantidad de calcio puede variar desde cero hasta varios cientos de mg/l, dependiendo de la fuente y del tratamiento del agua.

Para este caso, se obtuvo una concentración bajas de calcio, previniendo la corrosión de las tuberías metálicas, produciendo una capa delgada protectora. Cantidades elevadas de sales de calcio, se descomponen al ser calentadas, produciendo incrustaciones dañinas en calderas, calentadores, tuberías y utensilios de cocina

- **pH**

RESULTADO ANALISIS INICIAL	RESULTADO ANALISIS FINAL	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR ADMISIBLE	% DE REMOCIÓN
6,68	5,44	Unidades	6,5 - 9 Unidades	18,56

Tabla 14 Resultados pH. Fuente: Autoras



Gráfica 11 Resultados pH. Fuente: Autoras

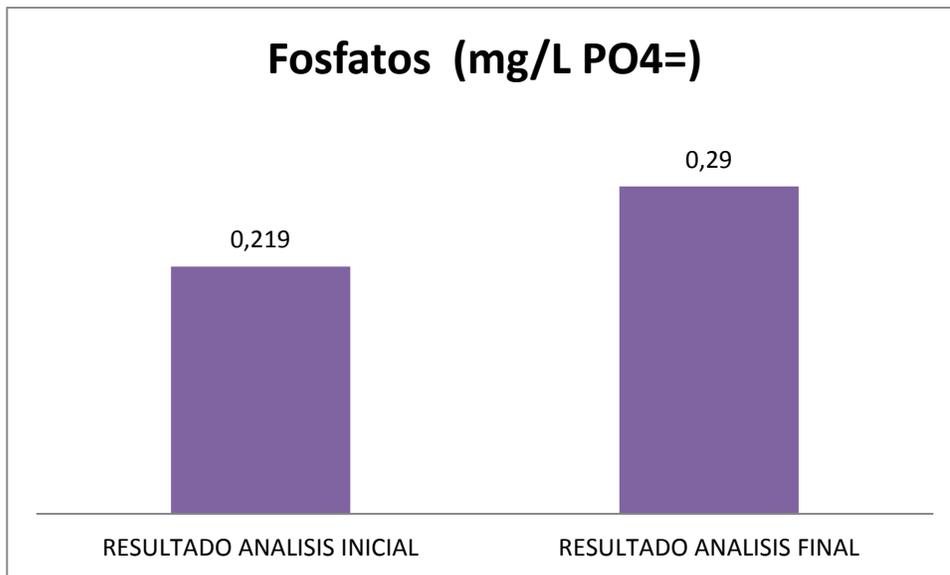
El pH indica la acidez del agua. El rango varía de 0 a 14, siendo 7 el pH neutro. La mayoría de las plantas y animales acuáticos prefieren vivir en un intervalo de pH entre 6 y 7,2. Los animales y plantas se han adaptado a un pH específico, y si el pH del agua se sale de estos límites podrían morir, dejar de reproducirse o emigrar.

En la muestra inicial el pH se encontraba dentro del límite permisible; la implementación del sistema vetiver redujo en un 18,56% el pH dejándolo en 5,44 unidades, lo que significa que el agua se volvió ligeramente ácida.

- **Fosfatos**

RESULTADO ANALISIS INICIAL	RESULTADO ANALISIS FINAL	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR ADMISIBLE	% DE REMOCIÓN
0,219	0,29	mg/L PO4=	0,5 mg/L PO4=	-32,42

Tabla 15 Resultados Fosfatos. Fuente: Autoras



Gráfica 12 Resultados Fosfatos. Fuente: Autoras

El fosfato en agua limpia solo se encuentra en pequeñas cantidades ya que es asimilado por plantas y algas o existe como como hierro-(III)-fosfato soluble en el suelo. ⁴De ese modo el fosfato pierde su efecto de eutrofización. La presencia natural del fosfato no cumple hoy ningún papel preponderante. En la actualidad las cantidades de fosfato se deben a contaminaciones. Esto se puede reconocer porque las concentraciones de fosfato están sujetas a oscilaciones temporales.

Cuando la cantidad de fosfato es de 0,3 mg/l existe la fuerte sospecha de contaminación del agua.

Las grandes cantidades de fosfato liberado encienden nuevamente la eutrofización. Consecuencias biológicas: el fosfato es muchas veces un factor minimizador para el crecimiento de las plantas y las algas. Si a pesar de eso se producen continuas introducciones de fosfato, aumenta inmediatamente la cantidad de fitoplancton y de zooplancton, lo que en definitiva produce un aumento de biomasa muerta. Esa biomasa va a ser descompuesta por aerobios mediante el uso de oxígeno. Ese proceso de descomposición contamina cada vez más la administración de oxígeno, hasta que la biomasa es descompuesta solo en forma de anaerobios para luego recubrir el fondo del agua como lodo biológico.

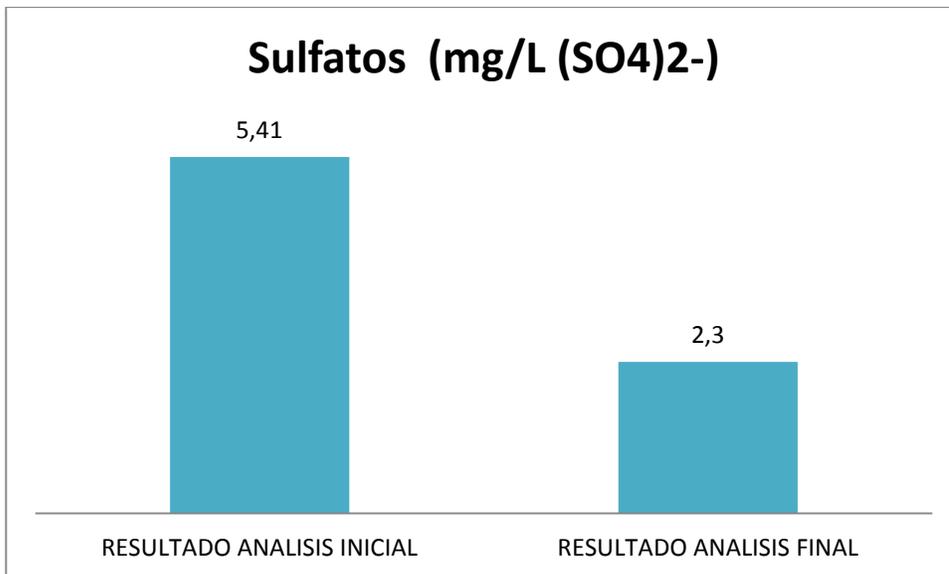
⁴ ALGENFREI. (s.f.). Valor del Agua y sus consecuencias. Recuperado de: <http://es.algenfrei.com/es/valor-del-agua-y-sus-consecuencias.html>

Según los resultados de los análisis que realizaron se logran evidenciar que los fosfatos subieron con el tratamiento de Vetiver, por lo que se le puede atribuir al estancamiento del agua y la temperatura, ya que estos factores influyen en su aumento.

- **Sulfatos**

RESULTADO ANALISIS INICIAL	RESULTADO ANALISIS FINAL	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR ADMISIBLE	% DE REMOCIÓN
5,41	2,3	mg/L (SO ₄) ₂ -	2 mg/L (SO ₄) ₂ -	57,49

Tabla 16 Resultados Sulfatos. Fuente: Autoras



Gráfica 13 Resultados Sulfatos. Fuente: Autoras

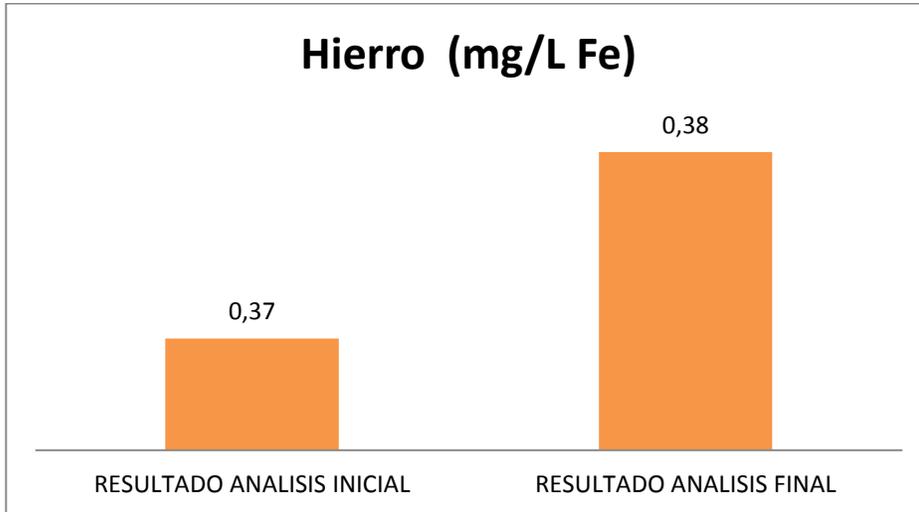
Los sulfatos suelen ser sales solubles en agua, por lo que se distribuyen ampliamente en la naturaleza y pueden presentarse en las aguas naturales en un amplio intervalo de concentraciones. Además los sulfatos pueden tener su origen en que las aguas atraviesen terrenos ricos en yesos, suelos erosionados, pesticidas, fertilizantes, colorantes, jabón entre otras.

Los resultados de los análisis físicos demostraron que el vetiver disminuye la carga de fosfatos en un 42,5%, en tan solo 29 días.

- **Hierro**

RESULTADO ANALISIS INICIAL	RESULTADO ANALISIS FINAL	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR ADMISIBLE	% DE REMOCIÓN
0,37	0,38	mg/L Fe	0,3 mg/L Fe	-2,70

Tabla 17 Resultados Hierro. Fuente: Autoras



Gráfica 14 Resultados Hierro. Fuente: Autoras

El hierro se concentra en el agua por el contacto con las rocas, minerales y materiales fabricados en ocasiones como tubos de hierro y acero

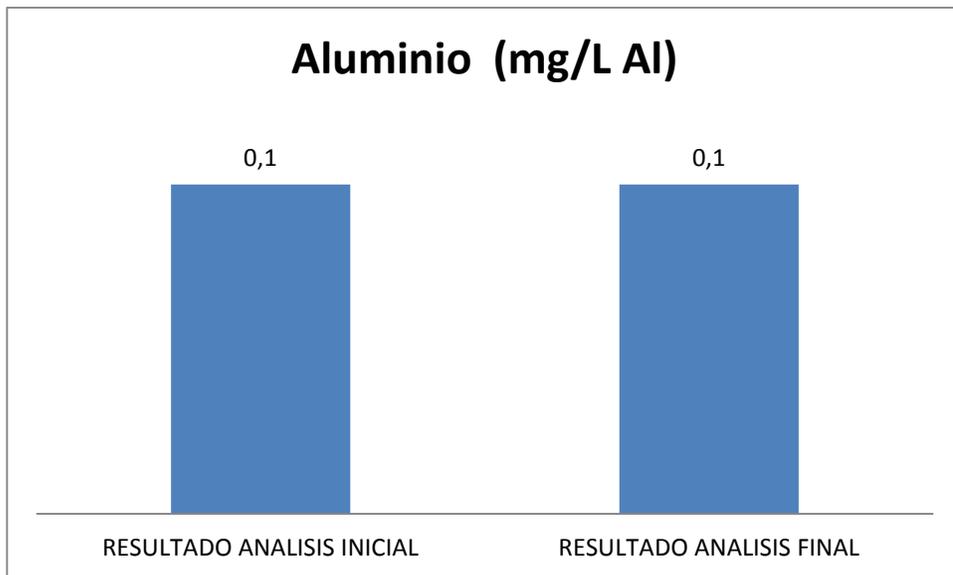
El agua contaminada con hierro usualmente contiene bacterias de hierro. Estas bacterias se alimentan de los minerales que hay en el agua. No causan problemas de salud, pero sí forman una baba rojiza-café.

Según los análisis de los resultado físicos se observó que el hierro aumento en un 2,6% al implementar vetiver, lo cual puede ser producto de la poca oxigenación que tenía el agua, ya que una de las reglas del hierro es a mayor oxigenación en el agua menor hierro se tendrá.

- **Aluminio**

RESULTADO ANALISIS INICIAL	RESULTADO ANALISIS FINAL	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR ADMISIBLE	% DE REMOCIÓN
0,1	0,1	mg/L Al	0,2 mg/L Al	0,00

Tabla 18 Resultados Aluminio. Fuente: Autoras



Gráfica 15 Resultados Aluminio. Fuente: Autoras

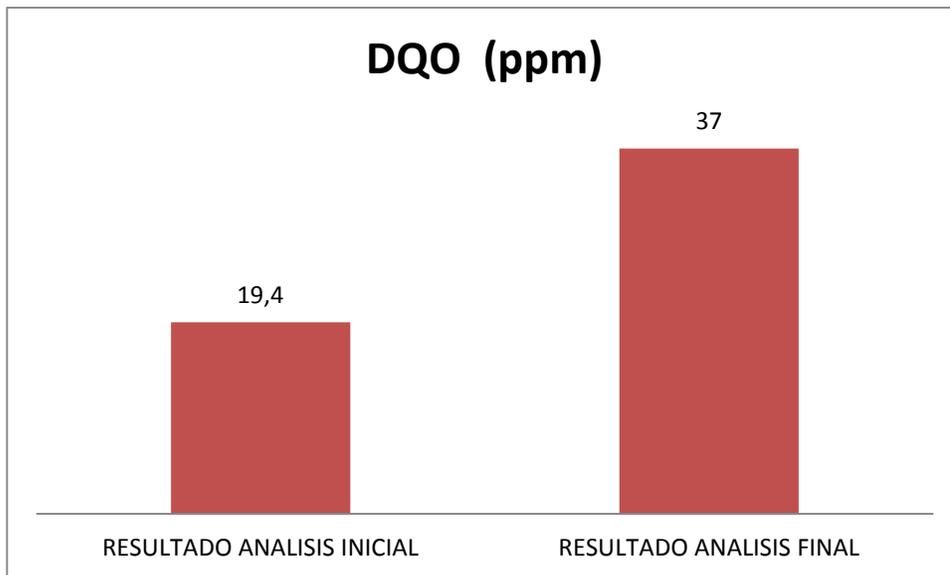
Todas las aguas contienen aluminio. En aguas neutras está presente como compuestos insolubles, y en aguas altamente ácidas o alcalinas se puede presentar en solución.

El Aluminio no presentó cambios durante el proceso en vetiver, por ende se analiza que el aluminio no perdió las características a las que se encontraba antes de Vetiver. No se puede afirmar que vetiver no lo reduzca o aumente, ya que habría que estudiar el comportamiento de este en otras condiciones como mayor oxígeno, menor temperatura, entre otras.

- **DQO**

RESULTADO ANALISIS INICIAL	RESULTADO ANALISIS FINAL	UNIDAD DE MEDIDA
19,4	37	ppm

Tabla 19 Resultados DQO. Fuente: Autoras



Gráfica 16 Resultados DQO. Fuente: Autoras

La DQO o Demanda Química de Oxígeno es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar toda la materia orgánica y oxidable presente en un agua residual. Es por tanto una medida representativa de la contaminación orgánica de un efluente siendo un parámetro a controlar dentro de las distintas normativas de vertidos y que nos da una idea muy real del grado de toxicidad del vertido.

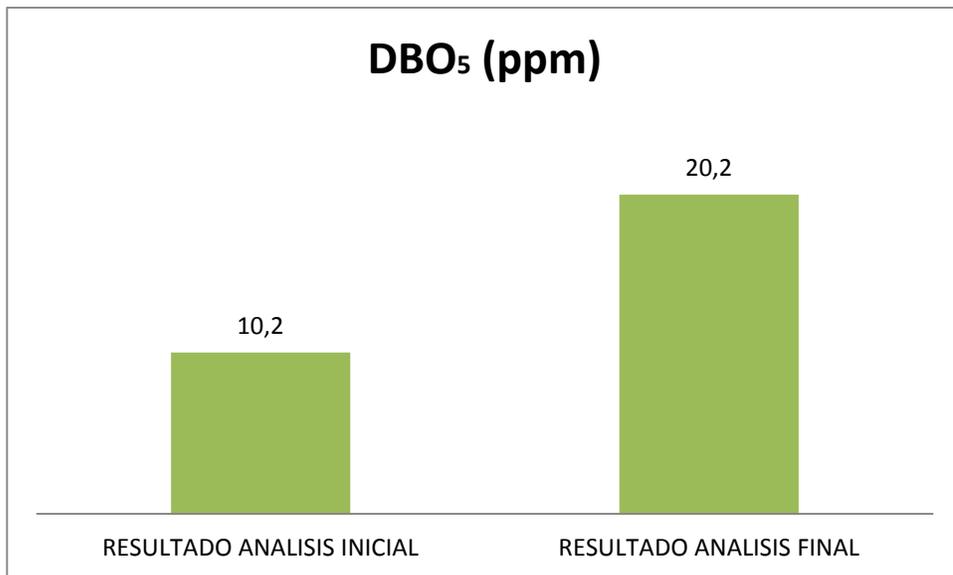
Como se puede observar en la gráfica el DQO aumento casi en un 100% lo que da como resultado que se requiere de mayor demanda química de oxígeno para la oxidación química de la materia orgánica oxidable presente en el agua.

La DQO varía en función de las características de las materias presentes, de sus proporciones respectivas, de sus posibilidades de oxidación y de otras variables.

- **DBO5**

RESULTADO ANALISIS INICIAL	RESULTADO ANALISIS FINAL	UNIDAD DE MEDIDA
10,2	20,2	ppm

Tabla 20 Resultados DBO5. Fuente: Autoras



Gráfica 17 Resultados DBO₅. Fuente: Autoras

El DBO⁵ indica la presencia y biodegradabilidad del material orgánico presente, es una forma de estimar la cantidad de oxígeno que se requiere para estabilizar el carbono orgánico y de saber con qué rapidez este material va a ser metabolizado por las bacterias que normalmente se encuentran presentes en las aguas residuales.

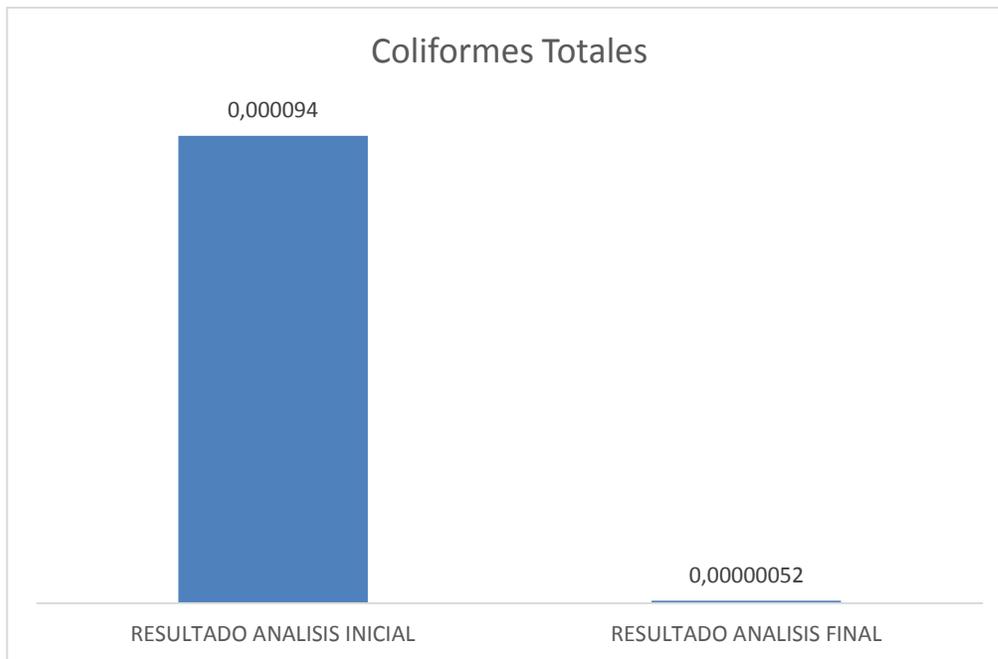
En el montaje de vetiver el DBO aumento más del 100% por lo que se puede analizar que se requiere mayor cantidad de oxígeno para lograr la descomposición biológica aeróbica

- **Coliformes Totales**

RESULTADO ANALISIS INICIAL	RESULTADO ANALISIS FINAL	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR ADMISIBLE	% DE REMOCIÓN
94X10 ⁻⁵	52X10 ⁻⁶	NMP/100mL	Ausencia en 100 cm ³	99,45

Tabla 21 Resultados Coliformes Totales. Fuente: Autoras

⁵ Demanda Biológica de Oxígeno.



Gráfica 18 Resultados Coliformes Totales. Fuente: Autoras

Las bacterias Coliformes son organismos microscópicos generalmente inoocuos que las agencias de salud pública buscan cuando controlan las reservas de agua. Su presencia indica que puede haber otros contaminantes en el agua.

Las muestras obtenidas de las aguas superficiales del Caño Cola de Pato confirmaron la presencia de Coliformes totales por encima de los valores máximos permitidos, lo que afecta la calidad del agua.

Se demostró que el procedimiento con vetiver redujo la concertación de Coliformes totales en un 99,45% en 29 días. Se analiza que entre más dure el proceso con vetiver, mayor será la remoción de Coliformes totales.

- **Coliformes Fecales**

RESULTADO ANALISIS INICIAL	RESULTADO ANALISIS FINAL	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR ADMISIBLE	% DE REMOCIÓN
AUSENCIA	AUSENCIA	NMP/100mL	Ausencia en 100 cm ³	0,00

Tabla 22 Resultado Coliformes Fecales. Fuente: Autoras.



Gráfica 19 Resultados Coliformes Fecales. Fuente: Autoras

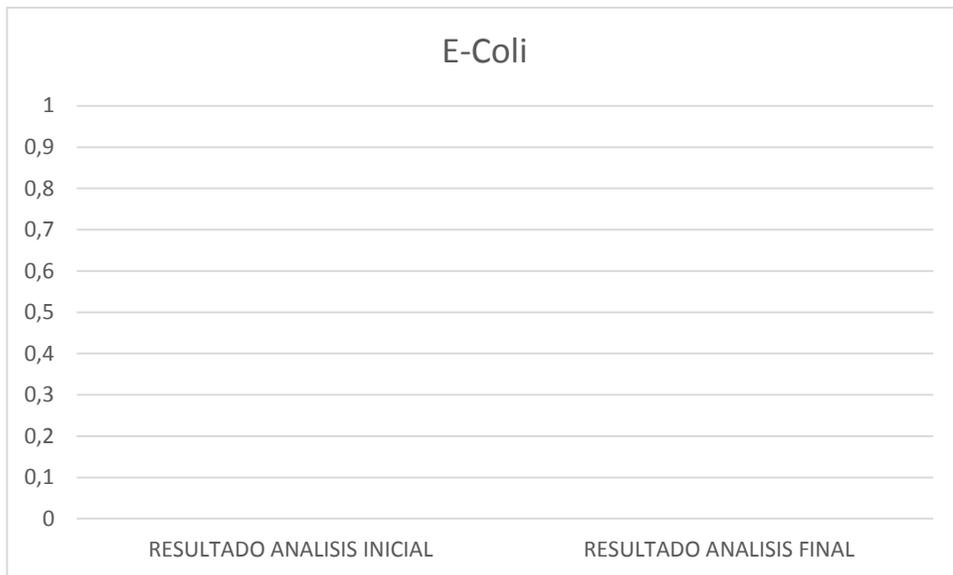
Los Coliformes fecales son microorganismos con una estructura parecida a la de una bacteria común que se llama *Escherichia coli* y se transmiten por medio de los excrementos.

La toma de muestra se realizó en un día soleado sin precipitaciones anteriores lo cual dio como resultado ausencia de Coliformes fecales.

- **E- Coli**

RESULTADO ANALISIS INICIAL	RESULTADO ANALISIS FINAL	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR ADMISIBLE	% DE REMOCIÓN
AUSENCIA	AUSENCIA	NMP/100mL	Ausencia en 100 cm ³	0,00

Tabla 23 Resultados E. Coli. Fuente: Autoras



Gráfica 20 Resultados E. Coli. Fuente: Autoras

La *E. coli* es una de cientos de cepas de la bacteria *Escherichia coli*. Aunque la mayoría de las cepas son inocuas y viven en los intestinos de los seres humanos y animales saludables, esta cepa produce una potente toxina y puede ocasionar enfermedad grave.

En la muestra analizada no se encontró presencia de *E. Coli*. Sin embargo ello no garantiza que este efluente durante todo el tiempo permanezca con esta ausencia.

- **Mesoaerobios**

RESULTADO ANALISIS INICIAL	RESULTADO ANALISIS FINAL	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR ADMISIBLE	% DE REMOCIÓN
AUSENCIA	AUSENCIA	ufc/1mL	Ausencia en 100 cm ³	0,00

Tabla 24 Resultados Mesoaerobios. Fuente: Autoras



Gráfica 21 Resultados Mesoaerobios. Fuente: Autoras

No se presenciaron Mesoarobios en estos análisis. Sin embargo, estos resultados no nos indican que las aguas superficiales de Caño Cola de pato en todo momento tenga ausencia de este parámetro, pues dependiendo de las condiciones climáticas se puede evidenciar presencia del mismo.

CONCLUSIONES

- ✓ Evaluar la eficiencia de procesos de fitorremediación no resulta ser un trabajo nada fácil, máxime si se tiene en cuenta las limitantes que como estudiantes en modalidad a distancia tenemos. La falta de recursos resulta ser una limitante muy importante, pues si se contara con apoyo el sistema se hubiese podido realizar a mayor escala para así poder analizar el comportamiento del agua con el pasto vetiver en grandes cantidades.
- ✓ Se evaluaron los siguientes parámetros físico-químicos y microbiológicos: Turbidez, Conductividad, Color, Cloruros, Alcalinidad, Dureza Total, Dureza Cálctica, Calcio, pH, Fosfatos, Sulfatos, Hierro, Aluminio, DQO, DBO5, Coliformes Totales, Coliformes Fecales, E-Coli y Mesoaerobios.
- ✓ La realización de Montaje para la implementación de un sistema de tratamiento mediante la utilización de pasto vetiver, tuvo una serie de ensayos y error los cuales ayudan de cierta manera a identificar falencias en el sistema y adoptar medidas que ayuden a obtener mejores resultados.
- ✓ El proceso de fitorremediación que se desarrolló con las aguas del caño cola de Pato arrojó una serie de resultados en los que se ve involucrada la temperatura, la oxigenación, el montaje y los parámetros del efluente.
- ✓ Con la implementación del Sistema Vetiver, se obtuvo 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.
- ✓ Según estos resultados el Vetiver realiza cambios en el agua, los cuales muy seguramente hubieran sido más notorios y positivos si se hubiese cumplido la totalidad del tiempo que es de 45 días, y se le realiza un circuito de recirculación al agua, con el fin de brindar mayor oxigenación al agua.
- ✓ Dentro del desarrollo de la investigación se detectó que la carga orgánica es mayor cuando se presenta precipitación, esto puede ser producto de los vertimientos que se producen a partir de este, además si se tiene en cuenta que el aguas arribas del Caño Cola de Pato se presenta actividades ganaderas, agrícolas y las urbanas.

RECOMENDACIONES

- ✓ Teniendo en cuenta que se produce reducción del pH con la utilización de vetiver, este sistema puede ser utilizado para disminuir el pH en aguas muy alcalinas y lograr neutralizarlo; sin embargo es necesario realizar un estudio que permita identificar cuantas unidades de pH disminuye en cierta cantidad de días.
- ✓ El montaje debe ser realizado en un lugar donde factores externos como la lluvia, sol, el material particulado, etc. No incidan directamente en el sistema y no alteren los resultados que se esperan.
- ✓ El montaje debe contar con un sistema de recirculación que permita oxigenar el agua con el fin de mejorar los resultados y evitar proliferación de insectos.
- ✓ El pasto debe de ser manipulado con guantes ya que en algunas personas genera alergias.
- ✓ Teniendo en cuenta los resultados tan favorables que se observaron en la remoción de la dureza de las aguas; este sistema puede ser implementado en las fincas donde obtienen el agua de aljibes.

ANEXOS.

ANEXO A Resultados Análisis 27 de Julio de 2015

	FORMATO "RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUAS"			
	Código: MA-3350-01-F03	Dependencia Generadora: Laboratorio de Calidad Ambiental	Versión: 3	

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
CORPORACIÓN UNIVERSITARIA DEL META

Autorizado por el Ministerio de Salud y la Protección Social mediante Resolución 1615 del 15 de Mayo del 2015



A continuación se presentan los resultados de los análisis solicitados por **SANDRA VARGAS**, el día 27 de Julio del 2015. Los parámetros fueron determinados según los lineamientos de los métodos normalizados para el análisis de agua potable y residual; estos fueron hechos en la ciudad de Villavicencio-Meta en las instalaciones del **Laboratorio de Calidad Ambiental de la Corporación Universitaria del Meta**.

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Cliente:	Sandra Vargas	Nombre:	Sandra Vargas
Teléfono:	3133669633	Cédula:	1123085238
Dirección:	Calle 21a #12a-15	Departamento/ Municipio:	Acacias/Villavicencio

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Tipo de agua:	Superficial	Lugar de toma:	Caño Cola de Pata -UNAD
Tipo de muestra:	Simple	Fecha y hora de toma:	27-07-2015 7:30 a.m.
Temperatura de la muestra:	Ambiente	Fecha y Hora de recepción:	27-07-2015 8:30 a.m.
Responsable de toma y transporte de la muestra:	Cliente	Fecha de emisión de resultados:	11-08-2015

ANÁLISIS DE AGUA SUPERFICIAL				
ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO.				
PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO	VALOR ADMISIBLE	CUMPLIMIENTO
Turbidez	45,46 UNT	ASTM 21303	2 UNT	No
Conductividad	19,54 us/cm	ASTM 2510B	1000 us/cm	Si
Color	52 UPC	ASTM 2120B	15 UPC	No
Cloruros	4,5 mg/L Cl	ASTM Cl B	250mg/L Cl	Si
Alcalinidad	12,0 mg/L CaCO ₃	ASTM23203	200mg/L CaCO ₃ *	Si
Dureza Total	11,0 mg/L CaCO ₃	ASTM 2340C	300mg/L CaCO ₃	Si
Dureza Cálctica	14,3 mg/L CaCO ₃	ASTM 3500CaB	N/R	N/R
Calcio	5,7 mg/L Ca ⁺⁺⁺	ASTM 3500CaB	60mg/L Ca ⁺⁺	Si
pH	6,22 Unidades	ASTM 4500 H ⁺ B	6,5-9 Unidades	No
Fosfatos	0,284 mg/L PO ₄ =	ASTM 4500 PE	0,5 mg/L PO ₄ =	Si
Sulfatos	9,3 mg/L (SO ₄) ₂ -	ASTM 9500 (SO ₄) ₂ -	2	Si
Hierro	4,04 mg/L Fe	ASTM3500D	0,3 mg/L Fe	No
Aluminio	0,28 mg/L Al	KIT	0,2 mg/L Al	No
ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO RESIDUAL.				
PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO		
	DQO	32.8 ppm	ASTM 5220 D	
	DBO ₅	15.3 ppm	ASTM 5210 B	
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.				
PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO	VALOR ADMISIBLE	CUMPLIMIENTO
Coliformes Totales	94x10 ⁻³ NMP/100mL	ASTM 9221B	Ausencia en 100 cm ³	No
Coliformes Fecales	94x10 ⁻³ NMP/100mL	ASTM 9221A	Ausencia en 100 cm ³	No
E-Coli	94 NMP/100mL	ASTM 9221B	Ausencia en 100 cm ³	No
Mesoaerobios	17x10 ⁻³ UFC/1mL	ASTM9215C	Ausencia en 100 cm ³	No

Elaborado por: Cristian García.

Autorizado por el Ministerio de Salud y la Protección Social Resolución 1615 del 15 de Mayo del 2015

E-mail: calidadambiental@unimeta.edu.co

Teléfonos: 312 525 8098, 3205665622

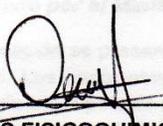
Nit : 892099267-1 Villavicencio- Meta

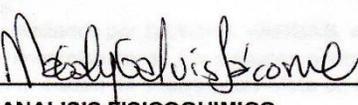


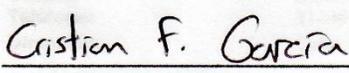
11 AGO 2015

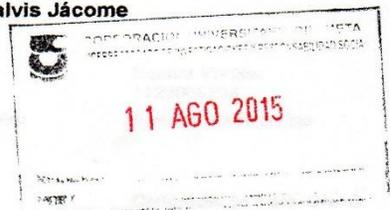
	FORMATO "RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUAS"			
Código: MA-3350-01-F03	Dependencia Generadora: Laboratorio de Calidad Ambiental	Versión: 3	Página 2 de 2	F. Vigencia: EN CONSTRUCCION

"El cumplimiento de los valores máximos aceptables se comparan bajo la Resolución 2115 del 2007".


ANALISIS FISICOQUIMICO
 Quim. Diana Carolina García Burbano


ANALISIS FISICOQUIMICO
 Quim. Magaly Galvis Jácome


DIRECTOR TECNICO
 Ing. Quim. Cristian Fernando García C.



El presente informe no puede ser reproducido parcial o totalmente sin autorización de la entidad que lo emite

-----Fin-----

PARAMETRO	RESULTADO	ESTANDAR	VALOR ADMISIBLE	CUMPLIMIENTO
Turbidez	45.46 UNT	ASTM 2130	5 UNT	NO
Sólidos Totales	18.54 mg/L	ASTM 2510B	100 mg/L	SI
pH	5.2	ASTM 2120E	6.5 - 8.5	NO
Temperatura	4.3 mg/L O ₂	ASTM D 113	5 mg/L	SI
Amoníaco	12.0 mg/L CaCl ₂	ASTM 2220B	20 mg/L CaCl ₂	SI
Dureza Total	11.3 mg/L CaCO ₃	ASTM 2340C	200 mg/L CaCO ₃	SI
Dureza Cálcica	14.3 mg/L CaCO ₃	ASTM 3500CaB	NA	SI
Cloro	4.7 mg/L Cl ⁻	ASTM 3500CaB	25 mg/L Cl ⁻	SI
Fluoruro	0.20 mg/L F ⁻	ASTM 4500 F ⁻ S	0.5 - 0.8 mg/L	SI
Fosfato	0.28 mg/L PO ₄ ⁻³	ASTM 4600 PE	0.3 mg/L PO ₄ ⁻³	SI
Sulfato	0.8 mg/L SO ₄ ⁻²	ASTM 3500 SO ₄ ⁻²	NA	SI
Hierro	4.04 mg/L Fe	ASTM 3500	0.3 mg/L Fe	NO
Manganeso	0.20 mg/L Mn	ASTM 3500	0.2 mg/L Mn	SI

PARAMETRO	RESULTADO	ESTANDAR
CO ₂	12.8 ppm	ASTM 3500 D
Cloruro	15.3 ppm	ASTM 3500 E

PARAMETRO	RESULTADO	ESTANDAR	VALOR ADMISIBLE	CUMPLIMIENTO
Coliformes Totales	94x10 ³ NMP/100 mL	ASTM 1221B	Atención en 100 MPN	NO
Coliformes Fecales	5x10 ³ NMP/100 mL	ASTM 3221A	Atención en 100 MPN	NO
E. Coli	34 NMP/100 mL	ASTM 9221B	Atención en 100 MPN	NO
Mycoplasmas	17x10 ³ UFC/1 mL	ASTM 6215C	Atención en 100 UFC	NO

Calibrado por Cristian García

Autorizado por el Ministerio de Salud y la Protección Social Resolución 1615 del 15 de Mayo del 2015
 E-mail: [calidadambiental@unimeta.edu.co/](mailto:calidadambiental@unimeta.edu.co)
 Teléfonos: 312 525 8098, 3205665622
 Nit : 892099267-1 Villavicencio- Meta

ANEXO B Resultados Análisis 10 de Agosto de 2015

	FORMATO "RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUAS"			
Código: MA-3350-01-F03	Dependencia Generadora: Laboratorio de Calidad Ambiental	Versión: 3	Página 1 de 2	F. Vigencia: EN CONSTRUCCION

**LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
CORPORACIÓN UNIVERSITARIA DEL META**
Autorizado por el Ministerio de Salud y la Protección Social mediante Resolución 1615 del 15 de Mayo del 2015



A continuación se presentan los resultados de los análisis solicitados por SANDRA VARGAS, el día 10 de Agosto del 2015. Los parámetros fueron determinados según los lineamientos de los métodos normalizados para el análisis de agua potable y residual; estos fueron hechos en la ciudad de Villavicencio-Meta en las instalaciones del Laboratorio de Calidad Ambiental de la Corporación Universitaria del Meta.

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Cliente:	Sandra Vargas	Nombre:	Sandra Vargas
Teléfono:	3133669633	Cédula:	1123085238
Dirección:	Calle 21a #12a-15	Departamento/ Municipio:	Acacias/Villavicencio

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Tipo de agua:	Superficial	Lugar de toma:	Caño Cola de Pata -UNAD
Tipo de muestra:	Simple	Fecha y hora de toma:	10-08-2015; 7:30 a.m.
Temperatura de la muestra:	Ambiente	Fecha y Hora de recepción:	10-08-2015 8:30 a.m.
Responsable de toma y transporte de la muestra:	Cliente	Fecha de emisión de resultados:	14-08-2015

Elaborado por: Andrés Reyes L.

ANÁLISIS DE AGUA SUPERFICIAL				
ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO.				
PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO	VALOR ADMISIBLE	CUMPLIMIENTO
Turbidez	8.73 UNT	ASTM 21303	2 UNT	NO
Conductividad	26.8 us/cm	ASTM 2510B	1000 us/cm	SI
Color	18 UPC	ASTM 2120B	15 UPC	NO
Cloruros	10.5 mg/L Cl	ASTM Cl B	250mg/L Cl ⁻	SI
Alcalinidad	9 mg/L CaCO ₃	ASTM23203	200mg/L CaCO ₃ *	SI
Dureza Total	22 mg/L CaCO ₃	ASTM 2340C	300mg/L CaCO ₃	SI
Dureza Cálcida	7.7 mg/L CaCO ₃	ASTM 3500CaB	N/R	N/R
Calcio	3.1 mg/L Ca ⁺⁺⁺	ASTM 3500CaB	60mg/L Ca ⁺⁺	SI
pH	6.68 Unidades	ASTM 4500 H ⁺ B	6,5-9 Unidades	SI
Fosfatos	0.219 mg/L PO ₄ =	ASTM 4500 PE	0,5 mg/L PO ₄ =	SI
Sulfatos	5.41 mg/L (SO ₄) ₂ -	ASTM 9500 (SO ₄) ₂ -	2	SI
Hierro	0.37 mg/L Fe	ASTM3500D	0.3 mg/L Fe	NO
Aluminio	0.1 mg/L Al	KIT	0.2 mg/L Al	SI
ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO RESIDUAL.				
PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO		
	DQO	19.4 ppm	ASTM 5220 D	
	DBO ₅	10.2 ppm	ASTM 5210 B	
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.				
PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO	VALOR ADMISIBLE	CUMPLIMIENTO
Coliformes Totales	94x10 ⁻⁵ NMP	ASTM 9221B	Ausencia en 100 cm ³	NO
Coliformes Fecales	Ausencia	ASTM 9221A	Ausencia en 100 cm ³	SI
E-Coli	Ausencia	ASTM 9221B	Ausencia en 100 cm ³	SI
Mesoaerobios	Ausencia	ASTM9215C	Ausencia en 100 cm ³	SI

"El cumplimiento de los valores máximos aceptables se comparan bajo la Resolución 2115 del 2007".

Autorizado por el Ministerio de Salud y la Protección Social Resolución 1615 del 15 de Mayo del 2015

E-mail: calidadambiental@unimeta.edu.co

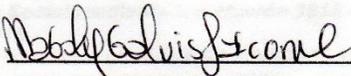
Teléfonos: 312 525 8098, 3205665622

Nit : 892099267-1 Villavicencio- Meta

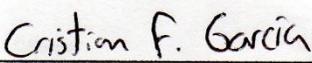
	FORMATO “RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUAS”			
Código: MA-3350-01-F03	Dependencia Generadora: Laboratorio de Calidad Ambiental	Versión: 3	Página 2 de 2	F. Vigencia: EN CONSTRUCCION



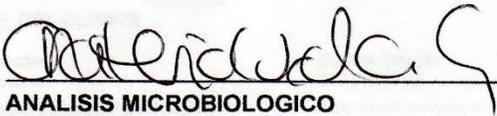
ANALISIS FISICOQUIMICO
 Quim. Diana Carolina García Burbano



ANALISIS FISICOQUIMICO
 Quim. Magaly Galvis Jácome



DIRECTOR TECNICO
 Ing. Quim. Cristian Fernando García C.



ANALISIS MICROBIOLÓGICO
 Bio. Ana María Castañeda

El presente informe no puede ser reproducido parcial o totalmente sin autorización de la entidad que lo emite

-----Fin-----

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR ADMISIBLE	CATEGORIA
Temperatura	°C	20	1
pH		6.5 - 8.5	1
Color	PCU	10	1
OPN	mg/L	5	1
Demanda Biológica (DB5)	mg/L	10	1
Demanda Química (DQO)	mg/L	150	1
Sólidos Totales (ST)	mg/L	1000	1
Sólidos Suspendidos (SS)	mg/L	100	1
Sólidos Disueltos (SD)	mg/L	900	1
Cloro residual libre	mg/L	0.2	1
Cloro residual total	mg/L	0.5	1
Cloro consumido	mg/L	0.5	1
Fluoruros	mg/L	1.5	1
Nitratos	mg/L	10	1
Nitritos	mg/L	0.1	1
Amoníaco	mg/L	0.5	1
Cincentos	mg/L	0.1	1
Cincentos totales	mg/L	0.1	1
Cincentos orgánicos	mg/L	0.1	1
Cincentos inorgánicos	mg/L	0.1	1
Cincentos volátiles	mg/L	0.1	1
Cincentos fijos	mg/L	0.1	1
Cincentos totales	mg/L	0.1	1
Cincentos orgánicos	mg/L	0.1	1
Cincentos inorgánicos	mg/L	0.1	1
Cincentos volátiles	mg/L	0.1	1
Cincentos fijos	mg/L	0.1	1
Cincentos totales	mg/L	0.1	1
Cincentos orgánicos	mg/L	0.1	1
Cincentos inorgánicos	mg/L	0.1	1
Cincentos volátiles	mg/L	0.1	1
Cincentos fijos	mg/L	0.1	1
Cincentos totales	mg/L	0.1	1

ANEXO C Resultados Análisis 07 de Septiembre de 2015

	FORMATO “RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUAS”			
Código: MA-3350-01-F03	Dependencia Generadora: Laboratorio de Calidad Ambiental	Versión: 3	Página 1 de 2	F. Vigencia: EN CONSTRUCCION

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
CORPORACIÓN UNIVERSITARIA DEL META
Autorizado por el Ministerio de Salud y la Protección Social mediante Resolución 1615 del 15 de Mayo del 2015



A continuación se presentan los resultados de los análisis solicitados por **SANDRA VARGAS**, el día 7 de Septiembre del 2015. Los parámetros fueron determinados según los lineamientos de los métodos normalizados para el análisis de agua potable y residual; estos fueron hechos en la ciudad de Villavicencio-Meta en las instalaciones del Laboratorio de Calidad Ambiental de la Corporación Universitaria del Meta.

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Cliente:	Sandra Vargas	Nombre:	Sandra Vargas
Teléfono:	3133669633	Cédula:	1123085238
Dirección:	Calle 21a #12a-15	Departamento/ Municipio:	Acacias/Villavicencio

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Tipo de agua:	Superficial	Lugar de toma:	Caño Cola de Pata -UNAD
Tipo de muestra:	Simple	Fecha y hora de toma:	07-09-2015 7:20 a.m.
Temperatura de la muestra:	Ambiente	Fecha y Hora de recepción:	07-09-2015 9:00 a.m.
Responsable de toma y transporte de la muestra:	Cliente	Fecha de emisión de resultados:	14-09-2015

Elaborado por: Andrés Reyes Lerma.

ANÁLISIS DE AGUA SUPERFICIAL				
ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO.				
PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO	VALOR ADMISIBLE	CUMPLIMIENTO
Turbidez	2,26 UNT	ASTM 21303	2 UNT	No
Conductividad	10,8 us/cm	ASTM 2510B	1000 us/cm	Si
Color	30 UPC	ASTM 2120B	15 UPC	No
Cloruros	15,7 mg/L Cl	ASTM Cl B	250mg/L Cl ⁻	Si
Alcalinidad	4 mg/L CaCO ₃	ASTM23203	200mg/L CaCO ₃ ⁺	Si
Dureza Total	4.06 mg/L CaCO ₃	ASTM 2340C	300mg/L CaCO ₃	Si
Dureza Cálcida	4.06 mg/L CaCO ₃	ASTM 3500CaB	N/R	N/R
Calcio	1.62 mg/L Ca ⁺⁺	ASTM 3500CaB	60mg/L Ca ⁺⁺	Si
pH	5,44 Unidades	ASTM 4500 H ⁺ B	6,5-9 Unidades	No
Fosfatos	0.29 mg/L PO ₄ ⁼	ASTM 4500 PE	0,5 mg/L PO ₄ ⁼	Si
Sulfatos	2.3 mg/L (SO ₄) ₂ ⁻	ASTM 9500 (SO ₄) ₂ ⁻	250 mg/L (SO ₄) ₂ ⁻	Si
Hierro	0.38 mg/L Fe	ASTM3500D	0.3 mg/L Fe	No
Aluminio	0,1 mg/L Al	KIT	0.2 mg/L Al	Si

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO RESIDUAL.

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO
DQO	37.0 ppm	ASTM 5220 D
DBO ₅	20.2 ppm	ASTM 5210 B

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO	VALOR ADMISIBLE	CUMPLIMIENTO
Coliformes Totales	52x10 ⁻⁶ NMP/100mL	ASTM 9221B	Ausencia en 100 cm ³	No
Coliformes Fecales	Ausencia	ASTM 9221A	Ausencia en 100 cm ³	Si
E-Coli	Ausencia	ASTM 9221B	Ausencia en 100 cm ³	Si
Mesoaerobios	Ausencia	ASTM9215C	Ausencia en 100 cm ³	Si

"El cumplimiento de los valores máximos aceptables se comparan bajo la Resolución 2115 del 2007".

Autorizado por el Ministerio de Salud y la Protección Social Resolución 1615 del 15 de Mayo del 2015

E-mail: calidadambiental@unimeta.edu.co

Teléfonos: 312 525 8098, 3205665622

Nit : 892099267-1 Villavicencio- Meta

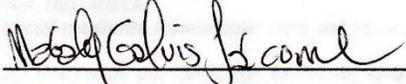
14 AGO 2015



	FORMATO “RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUAS”			
Código: MA-3350-01-F03	Dependencia Generadora: Laboratorio de Calidad Ambiental	Versión: 3	Página 2 de 2	F. Vigencia: EN CONSTRUCCION



ANALISIS FISICOQUIMICO
 Quim. Diana Carolina García Burbano



ANALISIS FISICOQUIMICO
 Quim. Magaly Galvis Jácome



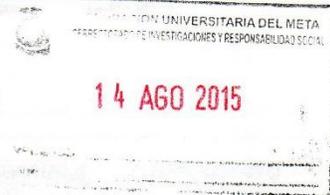
DIRECTOR TECNICO
 Ing. Quim. Cristian Fernando García C.



ANALISIS MICROBIOLÓGICO
 Bio. Ana María Castañeda

El presente informe no puede ser reproducido parcial o totalmente sin autorización de la entidad que lo emite

-----Fin-----



Autorizado por el Ministerio de Salud y la Protección Social Resolución 1615 del 15 de Mayo del 2015
 E-mail: [calidadambiental@unimeta.edu.co/](mailto:calidadambiental@unimeta.edu.co)
 Teléfonos: 312 525 8098, 3205665622
 Nit : 892099267-1 Villavicencio- Meta

ANEXO D Registro Fotográfico

- Primer Montaje



Día 20

- Segundo Montaje



Día 1



Día 8

- Tercer Montaje



Día 1



Día 29

- Caño cola de Pato



Sin precipitación



Con precipitación

Anexo E Cronograma

	MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	
Recolección de información de Montajes de Vetiver	■	■																							
Compra y traslado de Vetiver			■	■																					
Compra de materiales				■	■																				
Cotizaciones y brusquedad de laboratorio					■	■																			
Montaje 1								■	■																
Compra de materiales									■																
Montaje 2										■	■														
Compra de materiales												■													
Montaje 3													■												
Análisis físico-químicos y microbiológicos											■		■					■							
Elaboración de informe													■	■	■	■	■	■	■	■					
Encuentros con el Asesor del proyecto de la UNAD	■					■						■			■					■					
Entrega doc. Final y sustentación																					■	■	■	■	

BIBLIOGRAFÍA

Madrid+d. (2009). [Tratamiento y reutilización de aguas residuales mediante humedales: Alternativa ecológica para poblaciones con problemas de abastecimiento](http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2009/04/02/115734). Consultado el 01 de Marzo de 2015. De: <http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2009/04/02/115734>

Herbotecnica, (s.f). Vetiver. [Artículo en línea]. [Consultado Marzo 3, 2015] Disponible en: <http://www.herbotecnica.com.ar/exo-vetiver.html>

Alegre J, (2007). Manual sobre el uso y manejo del pasto vetiver. [Artículo en pdf]. [Consultado Marzo 3, 2015] Disponible: http://www.vetiver.org/TVN_manualvetiver_spanish-o.pdf

Información Técnica sobre pato Vetiver, (s.f). Consultado el 02 de Marzo de 2015. De: http://www.vetiver.org/LAVN_infopasto.htm

Gobernación de España y Ministerio de Ambiente, (s.f).Inventario de Tecnologías disponibles en España para la lucha contra la desertificación. [Artículo en línea]. [Consultado Marzo 3, 2015]. Disponible: http://www.magrama.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/0904712280144dc9_tcm7-19648.pdf

Ecologistas en Acción, (s.f). Fitorremediación. Consultado el 02 de Marzo de 2015. De: <http://www.ecologistasenaccion.org/article17857.html>

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). Apartado 5595. Managua, Nicaragua 2010.

Organización Mundial de la Salud. El medio ambiente y la salud de los niños y sus madres. Consultado de <http://www.who.int/ceh/publications/factsheets/fs284/es/>

Beleño I, (s.f). *El 50% de agua en Colombia es de mala calidad*. Artículo. Universidad Nacional de Colombia. . Consultado el 28 de Marzo de 2015. De <http://www.unperiodico.unal.edu.co/dper/article/el-50-del-agua-en-colombia-es-de-mala-calidad.html>

Ecofondo, (s.f). EL agua en la Orinoquia. . Consultado el 28 de Marzo de 2015. De: <http://www.horizonteverde.org.co/attachments/article/19/EL%20AGUA%20EN%20LA%20ORINOQUIAECOFONDO.pdf>

Solutions 4 Process Control. La Turbidez. (s.f). Consultado el 28 de septiembre de 2015 de <http://solutions4processcontrol.com/es/la-turbidez/>

Lenntech. Conductividad del agua. (s.f). Consultado el 28 de septiembre de 2015 de <http://www.lenntech.es/aplicaciones/ultrapura/conductividad/conductividad-agua.htm>

Capítulo 5. El Color en el Agua. (s.f). Consultado el 28 de septiembre de 2015 de <http://agronica.udea.edu.co/talleres/Produccion%20Acuicola/Calidad%20de%20Aguas/Color.pdf>

Determinación de Cloruros por Argentometría. (s.f). Consultado el 28 de septiembre de 2015 de <http://arturobola.tripod.com/cloru.htm>

Parámetros Físico – químicos: Alcalinidad. (s.f.). Consultado el 28 de septiembre de 2015 de <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-alcalinidad.pdf>

Química del Agua. Dureza Total. (s.f). Consultado el 28 de septiembre de 2015 de <http://www.quimicadelagua.com/Otros.Dureza.Total.html>

Lenntech. Calcio – Ca. (s.f). Consultado el 28 de septiembre de 2015 de <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/ca.htm>

Lenntech. PH y Alcalinidad. (s.f). Consultado el 28 de septiembre de 2015 de <http://www.lenntech.es/ph-y-alcalinidad.htm>

EcuRed. Fosfato. (s.f). Consultado el 28 de septiembre de 2015 de <http://www.ecured.cu/index.php/Fosfato>

EcuRed. Sulfato. (s.f). Consultado el 28 de septiembre de 2015 de <http://www.ecured.cu/index.php/Sulfato>

Lenntech. Aluminio. (s.f). Consultado el 28 de septiembre de 2015 de <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/al.htm>

Demanda Química De Oxígeno. (s.f). Consultado el 28 de septiembre de 2015 de http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_De_Aguas/Determinacion_de_DQO.htm

Recuento de Coliformes Totales. Filtración a través de membrana. (s.f.). Consultado el 28 de septiembre de 2015 de http://virus.usal.es/Web/demo_fundacua/demo2/FiltraMembColiT_auto.html

¿Qué son los coliformes Fecales? (s.f.). Consultado el 28 de septiembre de 2015 de http://app1.semarnat.gob.mx/playas/nuevo/analisis_tecnico02.shtml

Biblioteca Nacional de Medicina de los EE.UU. Infecciones por Escherichia Coli. (2014). Consultado el 28 de septiembre de 2015 de <https://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ecoliinfections.html>

Scribd. Análisis microbiológicos del Agua. (s.f.). Consultado el 28 de septiembre de 2015 de <http://es.scribd.com/doc/86294595/5-Analisis-Microbiologico-de-Aguas-Parte-2#scribd>
Carlos Garbisu, Lur Epelde, José M. Becerril. El Ecologista nº 57. Consultado el 28 de septiembre de <http://www.ecologistasenaccion.org/article17857.html>

Agrodesierto. *Vetiveria zizanioides*. (s.f.). Consultado el 28 de septiembre de <http://www.agrodesierto.com/vetiver.html>

Higiene y Sanidad Ambiental, 4: 72-82. La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadoras a partir de fuentes superficiales. (2004). Consultado el 29 de septiembre de [http://www.salud-publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc510156890491c_Hig.Sanid.Ambient.4.72-82\(2004\).pdf](http://www.salud-publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc510156890491c_Hig.Sanid.Ambient.4.72-82(2004).pdf)

La conductividad eléctrica del agua. (s.f.) Consultado el 29 de septiembre de <http://www.smart-fertilizer.com/es/articles/electrical-conductivity>

Conductividad. (s.f.). Consultado el 29 de septiembre de http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/Conductividad.pdf

Análisis físico - químico y bacteriológico de aguas. (s.f.). Consultado el 29 de septiembre de 2015 de <http://www.microinmuno.qb.fcen.uba.ar/SeminarioAguas.htm>

Análisis de aguas. (s.f.). Consultado el 29 de septiembre de 2015 de http://www.upct.es/~minaees/analisis_aguas.pdf

Problemas con las algas. (s.f.). Consultado el 29 de septiembre de 2015 de <http://www.lgsonic.com/es/problemas-con-las-algas/>

Mónica Scavo, Oscar Rodríguez y Oswaldo. Luque. ESTUDIO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES COMPLEMENTARIO, CON PASTO VETIVER (VETIVERIA ZIZANIOIDES L.), PROVENIENTES DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE GASEOSAS, EN VILLA DE CURA, ESTADO ARAGUA". (s.f.). Consultado el 29 de septiembre de 2015 de <http://www.vetiver.org/ICV4pdfs/BA17es.pdf>

J. Glynn Henry, Gary W. Heinke. Ingeniería Ambiental. (1999) - 800 pages Consultado el 29 de septiembre de 2015 de <https://books.google.com.co/books?id=ToQmAKnPpzIC&pg=PA163&lpg=PA163&dq=capacidad+amortiguadora+del+agua&source=bl&ots=Gt7dG5L9vN&sig=zxs9iGfc7XVSKBEexDxz-Jom0u0&hl=es-419&sa=X&ved=0CD4Q6AEwCGoVChMIiOP-gfGdyAIVwZoeCh09TQvr#v=twopage&q=capacidad%20amortiguadora%20del%20agua&f=false>

RED MAPSA. Determinación de la alcalinidad total. (2007). Versión 1.0. Consultado el 29 de septiembre de 2015 de http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/alcalinidad.pdf

Rodríguez, A. Universidad Tecnológica Nacional. La Dureza del Agua. (2010). Consultado el 29 de septiembre de 2015 de http://www.edutecne.utn.edu.ar/agua/dureza_agua.pdf

Rodríguez, C. Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales. (2007). Consultado el 29 de septiembre de 2015 de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Dureza+total+en+agua+con+EDTA+por+volumetr%C3%ADa.pdf/44525f65-31ff-482e-bbf6-130f5f9ce7c3>

Análisis de la calidad del agua. Indicadores físico-químicos. pH y nitratos. (s.f.). Consultado el 29 de septiembre de 2015 de <http://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/materialesdidacticos/otros/phnitratos.pdf>

Algenfrei, Ecological & environment friendly. Consultado el 30 de septiembre de 2015 de: <http://es.algenfrei.com/es/valor-del-agua-y-sus-consecuencias.html>

Eutrofización. Consultado el 30 de septiembre de 2015 de: <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/Eutrofizac.htm>

Carbotecnia. Fierro y manganeso | Remoción. Consultado el 30 de septiembre de 2015 de: <http://www.carbotecnia.info/encyclopedia/remocion-de-fierro-y-manganeso-en-el-agua/>

Asociación Española del Aluminio. *Aluminio y Salud*. Consultado el 30 de septiembre de 2015 de: <http://www.asoc-aluminio.es/support/pdf/aluminio-agua-potable.pdf>

Ingeniería de Tratamiento de Aguas Residuales. Caracterización de aguas residuales por DBO y DQO. Consultado el 30 de septiembre de 2015: <http://www.oocities.org/edrochac/residuales/dboydgo2.pdf>

El agua en Navarra. Parámetros que miden la materia orgánica. Consultado el 30 de septiembre de 2015: http://www.navarra.es/home_es/Temas/Medio+Ambiente/Agua/Documentacion/Parametros/ParametrosMateriaOrganica.htm

¿Qué son los Coliformes fecales? Consultado el 30 de septiembre de 2015: http://app1.semarnat.gob.mx/playas/nuevo/analisis_tecnico02.shtml

Northern Plains & Mountains. *Coliforme Total y la Bacteria E. coli*. Consultado el 30 de septiembre de 2015: http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Coliform_Ecoli_Bacteria%202012-11-15-SP.pdf

GeoSalud. *Escherichia coli O157:H7*. (s.f.). Consultado el 30 de septiembre de 2015 de http://www.geosalud.com/enfermedades_infecciosas/ecoli.html

Universidad Nacional. Pérez, J. *Calidad del Agua*. (s.f.). Consultado el 30 de septiembre de 2015 de http://www.bdigital.unal.edu.co/70/3/45_-_2_Capi_1.pdf