

**DIAGNÓSTICO REGIONAL DEL USO DEL RECURSO HÍDRICO EN
VERTIMIENTOS Y FUENTES RECEPTORAS A PARTIR DE LOS USUARIOS
REGISTRADOS EN LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL
CAUCA (CRC).**



CORPORACION UNIVERSITARIA
AUTONOMA
DEL CAUCA

JOSÉ LUIS JOJOA

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTONOMA DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y DESARROLLO SOSTENIBLE
PROGRAMA INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
POPAYAN
2018**

**DIAGNÓSTICO REGIONAL DEL USO DEL RECURSO HÍDRICO EN
VERTIMIENTOS Y FUENTES RECEPTORAS A PARTIR DE LOS USUARIOS
REGISTRADOS EN LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL
CAUCA (CRC).**



JOSÉ LUIS JOJOA

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental y Sanitario

Director

Magister

RONALD EDINSON CERÓN

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTONOMA DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y DESARROLLO SOSTENIBLE
PROGRAMA INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA**

POPAYAN

2018

NOTA DE ACEPTACIÓN

El Director y el jurado del trabajo de grado titulado: **DIAGNÓSTICO REGIONAL DEL USO DEL RECURSO HÍDRICO EN VERTIMIENTOS Y FUENTES RECEPTORAS A PARTIR DE LOS USUARIOS REGISTRADOS EN LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA (CRC)**, realizado por: **JOSE LUIS JOJOA SARRIA**; una vez evaluado y revisado el informe final y aprobada la sustentación, autorizan al autor realizar los trámites concernientes para optar al título profesional de Ingeniero Ambiental y Sanitario.

Director

Jurado

Jurado

DEDICATORIA

Este trabajo de grado y todo lo que implicó, está dedicado a aquellas personas que, con una constante, esporádica o reciente presencia, han hecho parte de mi vida, especialmente en esta última etapa que ya culmina.

A Dios, por las bendiciones recibidas desde siempre, por la fuerza para continuar y la voluntad para no desistir.

A mi mamá Lucero Sarria, por ese amor incondicional, cariño y ternura que sólo una madre puede dar.

A mi papá, José Jojoa, la disciplina y responsabilidad que me impartió se plasman en este trabajo al igual que en cada aspecto de mi vida.

A mi novia, Jesica Marín, quien me ha apoyado y acompañado a cada paso en este proceso.

A mi preciosa hija, lo más hermoso que me ha dado la vida. La eterna motivación y fuerza para afrontar todo lo que venga en las etapas que aún me esperan.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, gracias infinitas a Dios por ser mi escudo y espada, el combustible inagotable de la fe y fortalezas con que hoy cierro una etapa muy importante de mi vida.

Los más sinceros y cariñosos agradecimientos a mis padres, Lucero Sierra y José Jojoa. Cada enseñanza como herramienta y cada recurso como medio que me dieron, permiten que hoy esté yo en este lugar.

A mi novia, mi compañera constante y apoyo vital.

A mi hija, que me motiva y llena de esperanza día con día.

A mi director de tesis, Ronald Cerón, por ser mi guía en este proceso.

A todos mis profesores, por brindarme las herramientas académicas que me permitieron llegar hasta este punto.

A mis compañeros, cada momento compartido y cada experiencia que ahora conforma mi sabiduría son un regalo que atesoraré por siempre.

A la C.R.C. por cederme el espacio que me permitió poner en práctica los conocimientos y habilidades adquiridos durante mis estudios y así desarrollar mi trabajo de grado.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	10
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN	14
1 CAPÍTULO I: PROBLEMA.....	15
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.2 JUSTIFICACIÓN	17
1.3 OBJETIVOS	19
1.3.1 Objetivo general.....	19
1.3.2 Objetivos específicos	19
2 CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	20
2.1 ANTECEDENTES	20
2.2 BASES TEÓRICAS	22
2.2.1 Vertimiento.....	23
2.2.2 Aguas residuales	24
2.3 BASES LEGALES.....	26
2.3.1 Norma de Vertimientos	28
2.3.2 Norma de Reuso.....	29
3 CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	30
3.1 ETAPA I: Determinación de los vertimientos y calidad del recurso hídrico:	30
3.1.1 Revisión de información y de expedientes de usuarios registrados en la CRC.	30
3.1.1.1 Actividad 1:	30
3.1.2 Calidad del recurso hídrico	31
3.1.2.1 Actividad 2:	31

3.1.2.2 Actividad 3:	31
3.1.2.3 Actividad 4:	34
3.1.2.4 Actividad 5:	34
3.2 ETAPA II: Monitoreo y seguimiento a los usuarios SIRH.....	34
3.2.1 Actividad 1: Estudio de antecedentes.....	35
3.2.2 Actividad 2: Reconocimiento del terreno	41
3.2.3 Actividad 3: Obligaciones	45
3.2.4 Actividad 4: Estudio de factibilidad	45
3.2.5 Actividad 5: Observaciones	46
3.3 ETAPA III: Determinar las alternativas de manejo.	46
3.3.1 Actividad 1:	46
4 CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y RESULTADOS	49
4.1 IDENTIFICACIÓN DE VERTIMIENTOS Y FUENTES RECEPTORAS... ..	49
4.1.2 Procedimiento de monitoreo	50
4.2. DIAGNÓSTICO DEL RECURSO HÍDRICO EN LOS VERTIMIENTOS .	53
4.2.1 Análisis y resultados de laboratorio	56
4.3. ESTADO DE LOS VERTIMIENTOS	77
4.3.1 Tratamiento que se da al recurso hídrico en los vertimientos	82
5 CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
CONCLUSIONES	84
RECOMENDACIONES	85
BIBLIOGRAFÍA	87
ANEXOS	92

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Tratamiento de aguas residuales según su proceso. -----	25
Tabla 2. Etapas de tratamiento de las aguas residuales de acuerdo al grado.	25
Tabla 3. Clasificación de aguas residuales según su origen. -----	26
Tabla 4. Normatividad Vigente. -----	27
Tabla 5. Territoriales registradas.-----	30
Tabla 6. Territorial Tierradentro -----	32
Tabla 7. Territorial Centro -----	32
Tabla 8. Territorial Patía-----	32
Tabla 9. Territorial Macizo Colombiano -----	33
Tabla 10. Territorial Norte -----	33
Tabla 11. Territorial Pacífico -----	34
Tabla 12. Corrientes más contaminadas -----	34
Tabla 13. Relación de los expedientes PV-----	36
Tabla 14. Corrientes monitoreadas, localización geográfica de los puntos de calidad de aguas -----	43
Tabla 15. valores límite-parámetros microbiológicos establecidos por la EPA. -----	47
Tabla 16. Cronograma de monitoreo para el año 2017 y fuentes receptoras. -	49
Tabla 17. Aforo de caudales e índices de calidad del agua -----	52
Tabla 18. Calificación de la calidad del agua superficial según los valores del indicador de calidad ICA – IDEAM. -----	53
Tabla 19. Variables y ponderaciones para el caso de cinco variables.-----	55
Tabla 20. Parámetros in situ como caudal, pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto y porcentaje de saturación de las fuentes monitoreadas. -----	56
Tabla 21. Resultados de los parámetros físicos y químicos determinados por el Laboratorio Ambiental de la CRC de los puntos monitoreados.-----	67
Tabla 22. Elementos y materiales requeridos para los monitoreos -----	83

Pág.

LISTA DE IMÁGENES

Pág.

Imagen 1. Mapa de localización de puntos de monitoreo de 2016 y puntos adicionales 2017 de calidad de agua en el Departamento del Cauca.....	42
--	----

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Pág.

Fotografía 1. 1. Quebrada El Playón. Vertimiento PTAR	50
Fotografía 2. Monitoreo en el Río Molino	51
Fotografía 3. Toma de muestras	52
Fotografía 4. PTAR sin funcionamiento. Municipio de Suárez.	77
Fotografía 5. Acompañamiento a los diferentes puntos de monitoreo	92
Fotografía 6. Apoyo, acompañamiento y seguimiento en la realización de los diferentes puntos de monitoreo	92

LISTA DE GRÁFICAS

Pág.

Gráfica 1. Caudales de las fuentes hídricas monitoreadas	78
Gráfica 2. Oxígeno Disuelto de las fuentes hídricas monitoreadas.	79
Gráfica 3. Demanda Bioquímica de Oxígeno de las fuentes hídricas monitoreadas.	80
Gráfica 4. Coliformes fecales de las fuentes hídricas monitoreadas.	81
Gráfica 5. Sólidos Suspendidos Totales de las fuentes hídricas monitoreadas	82

RESUMEN

El uso de los recursos hídricos y su disposición en fuentes receptoras en el Departamento del Cauca puede considerarse como una problemática que requiere de una solución inmediata; la carga de contaminantes y las condiciones del agua vertida por los usuarios registrados en la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC) sin un diagnóstico oportuno y eficaz (previo a la toma de medidas apaciguadoras y preventivas) podría acarrear un impacto ambiental negativo alterando el delicado equilibrio de los ecosistemas que dependen de estos cuerpos receptores.

Actualmente en el Departamento del Cauca los sectores que contribuyen al deterioro del agua y al aumento de la contaminación del mismo son: el agropecuario, industria y doméstico. A estos hay que agregarles factores que si bien no afectan de manera directa, contribuyen al empeoramiento de la condición del recurso y los efectos a que esto conlleva: la falta de información de que disponen los usuarios, la cantidad del recurso hídrico captado y la variabilidad impredecible del clima en los últimos años. Resulta evidente entonces que el primer paso en este proceso sea un diagnóstico que inicialmente permita identificar las fuentes de contaminación de mayor afectación.

El objetivo del proyecto consiste en diagnosticar a nivel regional el uso actual del recurso hídrico, en relación directa con los vertimientos y las fuentes receptoras en el departamento del Cauca, partiendo de los usuarios registrados ante la CRC. Será necesario verificar si cada uno de los vertimientos cumple con sus respectivos parámetros registrados y si estos a su vez están a la par con la normativa vigente establecida en los decretos.

Para el desarrollo del objetivo planteado, se establecen tres etapas: determinación de los vertimientos; calidad del recurso hídrico, monitoreo y seguimiento a los usuarios SIRH y determinar las alternativas de manejo. Cada una de las etapas está dividida en actividades que permiten la facilidad de la obtención de los objetivos y un orden y registro precisos.

Los cuerpos receptores más contaminados, de entre las seis territoriales examinadas, son los ríos: Molino, Ejido, Timbío, Zanjón Oscuro y El Palo. Además de las quebradas Agua sucia y La Chapa. Las observaciones indicaron que las causas de contaminación son: vertimientos domésticos, industriales y rayandería de yuca y desechos porcícolas en el caso particular de la quebrada La Chapa; los análisis de laboratorio demostraron la presencia de metales pesados. En base a los registros y bibliografía consultada, la mejor alternativa para el manejo de las aguas residuales es establecer PTARs con la capacidad particular de filtrar los metales señalados en los análisis de laboratorio; los biofiltros compuestos por plantas como el *Phragmites australis*, las diversas variedades de bambú y las heliconias serían convenientes. Una PTAR con biofiltro resulta ser un mecanismo económico y eficiente de manejo sencillo. Adicionalmente permite una disposición final adecuada de las aguas en el cuerpo receptor.

Palabras claves: recursos hídricos, vertimientos, carga contaminante, biofiltro.

ABSTRACT

The water resources using and their disposition in receiving sources in the department of Cauca, can be considered as a problematic that requires a fast solution. The contaminations load and the water poured conditions by the users registered in the Cauca's Autonomous Regional Corporation (CRC), without an opportune and effective diagnostic (previous to the taking of appeasement and preventimentmeasures) could bring a negative environmental impact altering the frail ecosystems equilibrium that depend on these receiving bodies.

In the present, in the department of Cauca, the zones that contribute to the deterioration of water and the increase in pollution are: agricultural, industrial and domestic. There's also another factors that, although they do not cause direct affectation, do contribute to the worsening of the conditions of the resource and the effects that this entails: the lack of information available to the users, the quantity of water resource captured and the weather's unpredictable variability the last years. It is evident that the first step in this process is a diagnostic that at first allows identify the contamination source of greater affectation.

The project's objective is to diagnose at the regional level the current use of water resource, in direct relation whit the water pouring and the receiving sources in the department of the Cauca, starting from the registered users before the CRC. It will be necessary to verify each of the water pouring complies with their own registered measurement and if these in turn are on par with the current established regulations in the decrees.

For the development of the proposed objective, three stages are established: determination of the water pouring; quality of the water resource, monitoring and follow-up of the SIRH users and determining the management alternatives. Each of the stages is divided into activities that allow obtaining easily the objectives and a precise order and registration.

The most contaminated receiving bodies, among the six territorial examined, are the rivers: Molino, Ejido, Timbío, Zanjón Oscuro and El Palo. Also the creeks Agua Sucia and La Chapa. The observations indicated that the causes

of contamination are: domestic, industrial discharges cassava rayand and pig waste in the particular case of the La Chapa creek; laboratory analyzes showed the presence of heavy metals. Based on the records and bibliography consulted, the best alternative for the management of wastewater is to establish a PTARs with the particular capacity to filter the metals indicated in the laboratory analyzes; bio filters composed of plants such as Phragmitesaustralis, various varieties of bamboo and heliconias would be convenient. A PTAR with biofilter is in fact an economical and efficient mechanism of simple handling. Additionally it allows an adequate final disposal of the waters in the receiving body.

Keywords: water resources, water pouring, polluting load, biofilter.

INTRODUCCIÓN

Es bien sabido que la demanda de recursos hídricos ha crecido de manera dramática en los últimos años a causa de factores como el crecimiento poblacional, cada día menos manejable; la sobre explotación de los acuíferos, tanto que no se recuperan a una tasa que compense la demanda; la disminución en la calidad del agua, que en un estado consumible cada vez es más difícil de obtener; la contaminación y vertimientos que carecen de alguna regulación por parte de las entidades de control, y que sin análisis y diagnósticos dificultan establecer medidas preventivas y regulatorias que den paso a un uso y disposición responsable de las aguas tomadas, en un sentido amigable con el ambiente.

Los diagnósticos del recurso hídrico en cuanto a vertimientos generados y el planteamiento de metas que cumplen con los parámetros establecidos por las normativas vigentes permiten que entidades como la CRC lleve un control de las fuentes receptoras en la región, así como la evaluación de la calidad de estas y la posterior toma de medidas correctivas, esto a partir de los usuarios registrados ante la corporación.

Contar con estas medidas de verificación permite, más allá de los diagnósticos, generar alternativas responsables de manejo, prevención y control sobre el recurso hídrico, provocando un fuerte impacto positivo en el medio ambiente.

Los usuarios registrados actualmente ante la CRC vierten el agua en cuerpos receptores que facilitan, para ellos, librarse de esa carga. Estos cuerpos receptores son fundamentales para la existencia de ecosistemas y miles de especies vegetales y animales; solo el estado óptimo de estas aguas puede asegurar la pervivencia de aquellos que dependen de este recurso.

Es apremiante, en vista de lo anterior, desarrollar un trabajo de grado en modalidad pasantía, cuyo objetivo general es cotejar las condiciones de los vertimientos de los usuarios registrados ante la CRC; la verificación de estas condiciones llevará a conclusiones que permitirán desarrollar alternativas de manejo y de una disposición apropiada de estas aguas, tales que disminuya su impacto ambiental negativo.

1 CAPÍTULO I: PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente a nivel mundial no se cumple con las pautas establecidas para el desarrollo sostenible y el uso del recurso agua. La creciente demanda del recurso, así como la reducción de los caudales de los ríos, con sus graves consecuencias para usuarios y ecosistemas; los problemas de contaminación y degradación de la calidad de las aguas; las dificultades de acceso al recurso para satisfacer las necesidades básicas de un alto porcentaje de la población. Estos son desafíos que demandan con urgencia estrategias que permitan resolver las numerosas tareas pendientes en cuanto a la calidad del recurso hídrico [1].

Colombia posee una de las mayores ofertas hídricas en el mundo[53]. Esto hace figurar al país como potencia hídrica global, muy a pesar de los problemas actuales relacionados con el desabastecimiento de agua y la afectación de fuentes hídricas naturales. Se estima que la mitad de los recursos hídricos tienen problemas de calidad a causa de las afectaciones en el mismo. Generadas por vertimientos descontrolados, usos indevidos y destrucción de las cuencas.

Dentro de las afectaciones de fuentes hídricas se tienen problemas ambientales graves relacionados con aguas residuales domésticas, aguas residuales industriales, aguas residuales de producción agrícola y ganadera, aguas lluvias, aguas de transporte (terrestre, fluvial y marítimo de sustancias peligrosas), de petróleo y sus derivados, de obras de infraestructura, agua de lavado de los procesos de extracción minera, además de residuos sólidos dispuestos en rellenos sanitarios que producen lixiviados o directamente en cuerpos de agua.

En la actualidad se cuenta con un avance en la gestión por parte de la CRC, que permite la evaluación de la calidad del agua para algunas fuentes priorizadas. Se hace necesaria la ampliación de cobertura, así como el registro de información relacionada con: los permisos de vertimientos (PV), los planes

de saneamiento y manejo de vertimientos de los municipios (PSMV), los registros de puntos de monitoreo en el marco de los requerimientos de registro de información a través del Sistema de Información del recurso Hídrico (SIRH), la actualización del establecimiento de metas de cargas contaminantes (EMCC) de las fuentes hídricas, y sus objetivos de calidad, permitiendo con estos parámetros un análisis de las alternativas de solución a las problemáticas desde el punto de vista de la contaminación por vertimientos o del fortalecimiento de potencialidades ambientales identificadas, desde las posibilidades de aprovechamiento del recurso agua a nivel regional.

1.2 JUSTIFICACIÓN

En función del aumento de la población mundial, las actividades de carácter productivo y domésticas desarrolladas por el género humano y la ya bien conocida problemática ambiental que arremete contra el planeta y nuestro país, resulta imperativo plantear soluciones y crear mecanismos de control, prevención y recuperación de los cuerpos hídricos que actúan como fuentes receptoras de sistemas de vertimiento.

La CRC, entidad encargada del cuidado del medio ambiente y de los recursos naturales renovables en el departamento del Cauca, realiza la administración y el control del recurso hídrico. Es precisamente la gestión del agua uno de los principales problemas que afectan un mejor desempeño desde la Corporación. Partiendo de un débil diagnóstico regional del recurso hídrico con respecto a la calidad de este, o la falta de un sistema en adecuado funcionamiento, o por lo menos un control dinámico y de fácil manejo que permita determinar a nivel regional puntos tales como: clase y calidad del recurso hídrico, número de usuarios registrados por territoriales, puntos geo-referenciados de vertimientos con caudales vertidos, fuentes de mayor impacto, validación de cálculo de la tarifa de la tasa retributiva a usuarios por objeto de cobro y que deben cancelar por cargas vertidas al recurso hídrico en el Cauca [22].

La gestión de los recursos hídricos es, en esencia, un proceso secuencial y multifacético, cuyo campo de acción está relacionado con el manejo de los cuerpos de agua, en donde su comportamiento y características cambian continuamente con el tiempo y el espacio [23]y [24].

En este sentido la gestión va precedida de la planificación para el desarrollo de los recursos hídricos la cual comienza a ser posible cuando se cuenta con información sobre las demandas de la calidad y usos actuales y futuros del agua y con la evaluación de las disponibilidades a escala de cuencas, regiones o a nivel nacional [25] y [26].

Siguiendo este orden de ideas, y teniendo en cuenta las funciones de la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC) y la problemática que se presenta, se refleja la importancia de mejorar y actualizar un diagnóstico, a

nivel regional, de los efectos producidos por los usuarios que afectan el recurso hídrico de forma directa o indirecta. De tal forma que este permita generar procesos ágiles de información confiable que apoye la toma de decisiones en aras de alcanzar una correcta y efectiva administración de los recursos hídricos en la región, por parte de la Corporación.

Surge entonces la necesidad de desarrollar <<el diagnostico>>: uno regional sobre la afectación del recurso hídrico. Este permitirá contar con una minuciosa planificación y correcta gestión; una visión sobre el desarrollo territorial; una evaluación y estimación al contar con una proyección sobre este medio, así como afianzar el nivel de conocimiento en cuanto a la calidad del recurso hídrico, con una estimación de alcance regional.

Por otra parte, se pretende que este trabajo, una vez conseguidos los objetivos planteados, dé la seguridad de que disminuirán los problemas de contaminación en agua, suelo y aire. Pero también los posibles problemas de salud pública a causa del incremento de la contaminación que surgen de una incorrecta disposición y manejo de las aguas vertidas.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Realizar el diagnóstico regional del uso del recurso hídrico relacionado con los vertimientos y las fuentes receptoras en el departamento del Cauca a partir de los usuarios registrados en la CRC.

1.3.2 Objetivos específicos

- Revisar los diferentes vertimientos y fuentes receptoras con sus respectivos parámetros registrados en caracterizaciones relacionadas por parte de los usuarios identificados en la Subdirección de Gestión Ambiental (SGA) y Direcciones Territoriales de la Corporación.
- Efectuar monitoreo y seguimiento a los datos requeridos para el registro en el Sistema de información del recurso hídrico (SIRH), de los usuarios registrados en la SGA de la CRC.
- Determinar las alternativas de manejo del recurso hídrico en las zonas evaluadas.

2 CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

En este apartado se presentan algunos estudios realizados sobre la supervisión del uso del recurso hídrico en vertimientos y fuentes receptoras a nivel nacional y departamental, orientados en el desarrollo de una serie de mecanismos y tratamientos para la reducción de las cargas contaminantes depositadas en los cuerpos receptores, como el tratamiento y disposición adecuados de los lodos resultantes del proceso y un seguimiento más cercano al cumplimiento de los límites máximos permisibles establecido en la Resolución 0631 de 2015. Con la supervisión del recurso hídrico, el objetivo principal es realizar un diagnóstico regional de los vertimientos y las fuentes receptoras del departamento de tal manera que las cargas contaminantes se reduzcan; se verifique la funcionalidad de las PTAR; efectuar un monitoreo y seguimiento de los datos requeridos y definir alternativas de manejo del recurso en las zonas evaluadas.

- **Estudios nacionales**

A nivel nacional se han realizado proyectos de investigación que engloban el estudio de calidad de las aguas residuales y la elaboración de propuestas para la disminución de las cargas contaminantes, a continuación se citan algunos:

El diagnóstico de la contaminación por aguas residuales domésticas cuenca baja de la quebrada La Maca, San Antonio de Prado, Municipio de Medellín, concluyó que una verificación del cumplimiento de las normas por parte de las empresas comunales que actualmente manejan los acueductos veredales, pueden garantizar un adecuado funcionamiento de los mismos. Podría considerarse la cercanía e intimidad de los usuarios con el proceso una ventaja que garantizaría el compromiso de la gente.

Resulta apropiado mencionar el estudio hecho por CORPOCALDAS respecto a la “reglamentación de la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del recurso hídrico como receptor de vertimientos puntuales”. Estos mostraron en

menor medida condiciones regulares en los tramos después de pasar por los cascos urbanos municipales, afectando el cumplimiento de los objetivos de calidad, pero algunas de las corrientes receptoras de vertimientos mostraron tener el potencial de sus para: consumo humano, tratamiento convencional; protección de fauna y flora; recreativo contacto secundario; pecuario y uso estético.

Otra de las propuestas realizadas para garantizar una mejor calidad para las fuentes receptoras de vertimientos se llevó a cabo en el departamento del Tolima, por CORTOLIMA, donde se estableció una propuesta de metas de reducción de carga contaminante tomando como sustento y referencia metodológica el Decreto No. 2667 del 2012. El proyecto consistió en la evaluación de la calidad de la mayoría de las fuentes hídricas receptoras mediante el índice de calidad del agua fisicoquímico.

- **Estudios municipales**

La Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC), a partir de la Ley 99 de 1993, es la entidad encargada de administrar, en el departamento del Cauca, el medio ambiente y los recursos naturales renovables. Por esto, administra el recurso hídrico a través del otorgamiento de permisos de concesiones de agua superficial y subterránea, y en este caso particular, el de vertimientos. Sumado a eso, debe hacer seguimiento y monitoreo de las fuentes hídricas y de los permisos otorgados, con el fin de evitar los conflictos que se presentan asociados al recurso. Esta planificación se enmarca en el programa denominado Gestión Integral del Recurso Hídrico: este engloba la revisión y seguimiento de los permisos de vertimiento; los análisis de laboratorio a los cuerpos receptores y la normativa a seguir para mitigar los niveles que superan el máximo establecido de cargas contaminantes, además de la imposición de sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

Los estudios citados anteriormente demuestran que a través de métodos sencillos, tecnologías para el manejo y diagnóstico del recurso hídrico y el involucramiento de las comunidades en el proceso y uso responsable del recurso, es posible la consecución de los objetivos planteados, reducir los efectos negativos sobre la salud pública y el medio ambiente, de tal manera

que se llegó a la recuperación de las aguas y en consecuencia de los ecosistemas que dependen de estos cuerpos receptores, que llevan tanto tiempo siendo mutilados.

2.2 BASES TEÓRICAS

La preocupación del hombre por la protección y recuperación de los recursos naturales a nivel mundial ha sido evidenciada a través de tratados que demandan su cumplimiento por parte de los gobiernos, los cuales en aras de responder a estos requerimientos han diseñado e implementado diferentes instrumentos para garantizar el uso racional, la conservación y recuperación de los diferentes recursos naturales renovables a fin de lograr un desarrollo sostenible [8] y [9].

En Colombia, la preocupación por la recuperación de los recursos naturales y el compromiso por las condiciones del medio ambiente ha enmarcado evoluciones desde el año 1974 con la expedición del código nacional de los recursos naturales renovables y protección del medio ambiente (decreto ley 2811 de 1974) [10], continuando así con la promulgación de la constitución de 1991, donde se integra la dimensión ambiental a los planes y políticas nacionales, terminando así con la aprobación de la ley 99 de 1993, mediante la cual se crea el ministerio del medio ambiente con el fin de formular la política nacional ambiental , así mismo con el fin de crear las autoridades ambientales regionales [11].

En la actualidad, el país cuenta con 33 autoridades ambientales regionales distribuidas en todas las áreas del territorio, representadas en las denominadas corporaciones autónomas regionales - CARs y corporaciones para el desarrollo sostenible [12].

Las CARs, están dotadas de autonomía administrativa y financiera, patrimonio propio y personería jurídica y están encargadas de la administración del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, incluida el agua, de

conformidad con las políticas y disposiciones legales que establezca el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [13] .

Dentro de las CARs, se encuentra la corporación regional del Cauca- CRC, cuyos objetivos se enmarcan en ejecutar políticas, planes, programas y proyectos específicos para manejar, proteger, regular y controlar la disponibilidad, calidad y uso del recurso hídrico [14]. Como parte de estos objetivos se tiene la administración del recurso hídrico, la cual consta de la realización del diagnóstico de demanda, uso y gestión del recurso hídrico, como medio para contar con un monitoreo del presente y futuro de un recurso renovable [15].

Estos objetivos con respecto al recurso hídrico, tienen un gran sentido en la CRC, por tal motivo se pretende realizar el diagnóstico regional del recurso hídrico en cuanto a vertimientos generados y el establecimiento de metas de cargas contaminantes EMCC sobre las fuentes receptoras de estos vertimientos, así como la evaluación de calidad de estas fuentes, a partir de los usuarios registrados en la corporación, como iniciativa para generar alternativas responsables y preventivas sobre el cuidado de los recursos hídricos, así como también cumplir con la normatividad nacional y las políticas ambientales de la CRC [16].

2.2.1 Vertimiento

Es la disposición controlada o no de un residuo líquido doméstico, industrial, urbano agropecuario, minero, etc. Los colectores son tubos colocados a lado y lado de las quebradas, evitando que los antiguos botaderos de alcantarillado continúen arrojando los vertimientos a los cauces, siendo este método de disposición dañino para los estos. A su vez, los interceptores recogen de los colectores al estar ubicados a lado y lado del río. Estos interceptores se encargan del transporte final de los vertimientos a las plantas de tratamientos donde una vez acondicionada el agua residual, se incorporan a un cuerpo receptor (al río).

2.2.2 Aguas residuales

Son aguas procedentes de los usos doméstico o industrial generadas por una población determinada. Su grado de impureza es variable. Según el tipo de agua (doméstica o industrial) varía el tratamiento que se le debe realizar antes de ser vertida en un cuerpo de agua receptor. Las aguas residuales tienen un color entre gris y negro y llevan ciertas sustancias o compuestos contaminantes: elementos orgánicos e inorgánicos, ya sean disueltos o en suspensión, microorganismos patógenos según su origen. Una combinación de estos factores suele generar enfermedades, favorecer la proliferación de vectores y generar un impacto negativo en las condiciones ambientales y de salud pública en una comunidad; motivos suficientes para realizar un tratamiento a estas aguas para eliminar o reducir su grado de contaminación. La cantidad de agua residual varía según los hábitos de la población. En Colombia una persona genera un promedio de 100-400 litros/día. Las aguas residuales también son conocidas como aguas cloacales, aguas negras o aguas servidas.

- Tratamiento de las aguas residuales: De acuerdo a lo anterior, el tratamiento que reciben las aguas residuales consiste en un conjunto de actividades, procesos e infraestructura ordenados para eliminar o reducir el grado de contaminación contenido en las mismas.
- Tipos de tratamiento de las aguas residuales: existen diferentes sistemas de tratamiento para intervenir las aguas residuales, encaminados a reducir la carga contaminante. Los tratamientos de aguas residuales se clasifican en dos categorías: por tipo de proceso y por etapa de tratamiento.

Tabla 1. Tratamiento de aguas residuales según su proceso.

PROCESOS FÍSICOS	PROCESOS QUÍMICOS	PROCESOS BIOLÓGICOS
Consiste en la remoción de sólidos suspendidos, utilizando rejillas, trituradores, sedimentador primario espesadores y filtración.	Aplicación de productos químicos para la eliminación o conversión de los contaminantes. Precipitación, absorción y desinfección.	Utilización de microorganismos para la eliminación de sustancias orgánicas biodegradables.

Fuente: Elaboración propia con información de Lizarazo et al, 2013.

Tabla 2. Etapas de tratamiento de las aguas residuales de acuerdo al grado.

ETAPAS DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES	DESCRIPCIÓN
Preliminar	Este tipo de tratamiento retiene sólidos gruesos que floten o que se encuentren suspendidos en el agua, para facilitar su remoción bien sea manual o mecánica, antes de ingresar el agua residual a otro tratamiento. Aprovecha la densidad de los sólidos y su tamaño para separarlos. En este tratamiento se utilizan procesos de <i>cribado</i> (rejillas), <i>tamicos estáticos</i> , <i>trituradores de canales</i> , <i>tanques de igualación</i> , <i>desarenadores</i> .
Primario	Reducen los sólidos en suspensión del agua residual, que no se logran remover con el tratamiento preliminar, utilizando procesos físicos de <i>sedimentación</i> , <i>flotación</i> (aceites, grasas, etc.) y químicos de <i>coagulación y floculación</i> (remoción de fosforo y metales) y <i>neutralización (pH)</i> y <i>desinfección</i> .
Secundario	Remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) soluble y de sólidos suspendidos que no son removidos en los tratamientos preliminares y primarios; se remueve aproximadamente el 85% de DBO y SS, aunque la remoción de nutrientes, nitrógeno, fosforo, metales pesados y patógenos es baja. Existen dos tipos de tratamientos secundarios: sistema de biomasa en suspensión (lodos activados) y Sistema de biomasa adherida (aerobio y anaerobio). El primero, consiste en una masa de microorganismos activos capaz

	de estabilizar un desecho orgánico bajo en condiciones aerobias, el segundo, los microorganismos se encuentran pegados a un medio de soporte que puede ser de plástico, piedra o cualquier otro material inerte. Dependiendo de las condiciones ambientales que rodean el medio de soporte, los sistemas de biomasa adherida pueden ser aerobios o anaerobios.
Terciario o avanzado	Este tratamiento es utilizado para eliminar o separar la materia residual que no se logre remover con el tratamiento secundario, a fin de prevenir la contaminación. Es decir, permite la remoción de ciertas sustancias en particular que queden después del tratamiento secundario. Por ejemplo remoción de Nitrógeno y Fósforo, compuestos orgánicos no biodegradables, intercambio iónico (eliminación de metales, nitratos), etc.

Fuente: Elaboración propia con información de Lizarazo et al, 2013.

Tabla 3. Clasificación de aguas residuales según su origen.

N°	TIPO	ORIGEN	COMPOSICIÓN
1	Aguas Residuales Domesticas (ARD)	Provenientes de inodoros, lavaderos, cocinas y otras actividades domésticas	Sólidos suspendidos (generalmente materia orgánica biodegradable), sólidos sedimentables (principalmente materia inorgánica), nutrientes (nitrógeno y fósforo) y organismos patógenos
2	Aguas Residuales no Domesticas (ARnD)	Provenientes de procesos industriales o manufactureros	Elementos tóxicos tales como plomo, mercurio, níquel, cobre y otros, que requieren ser removidos en vez de ser vertidos al sistema de alcantarillado
3	Aguas lluvia	Proveniente de la precipitación pluvial	Sólidos suspendidos y en zonas de alta contaminación atmosférica, pueden contener algunos metales pesados y otros elementos químicos

Fuente: Adaptación Art. 2 Definición de aguas residuales resolución 0631 de 2015.

2.3 BASES LEGALES

Según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el recurso hídrico se reglamenta por medio de decretos, leyes y resoluciones, en ellas se encuentran

definiciones y parámetros de la utilización del mismo y su calidad. Basado en esto, el trabajo a realizar en la corporación regional del Cauca (CRC), se sustentará en los lineamientos dados por la siguiente tabla.

Tabla 4. Normatividad Vigente.

NORMA	DEFINICIÓN
Decreto 1594 de 1984	Por medio del cual se reglamentan los usos del agua y los residuos líquidos.
Decreto 4742 de 2005 [18].	"Por el cual se modifica el artículo 12 del Decreto 155 de 2004 mediante el cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas".
Resolución 2145 de 2005 [20].	Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 1433 de 2004 sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV.
Decreto 1323 de 19 abril de 2007 [19].	El Sistema de Información del Recurso Hídrico, SIRH, es el conjunto que integra y estandariza el acopio, registro, manejo y consulta de datos, base de datos, estadísticas, sistemas, modelos, información documental y bibliográfica, reglamentos y protocolos que facilita la gestión integral del recurso hídrico.
Decreto 3930 de 2010 [21].	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo 11 del Título VI-Parte 11- Libro 11 del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.
Decreto 2667 de 2012	Por el cual se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinaciones.
Decreto 2667 de 2012	Por el cual se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa o indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones.
Acuerdo 0015 de 2014	Por el cual se aprueban y se definen las metas globales, grupales e individuales, de reducción de cargas contaminantes en DBO, SST, en las corrientes superficiales receptoras, de vertimientos en áreas de la jurisdicción de la CRC.
Decreto 1076 de 2015	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Resolución 0631 de 2015	Por el cual se establece lo parámetros y los valores máximos permisible en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficial y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.
-------------------------	---

Fuente: elaboración propia.

2.3.1 Norma de Vertimientos

La norma de vertimientos, la Resolución 0631 de 2015 reglamenta el artículo 28 del Decreto 3930 de 2010 y actualiza el Decreto 1594 de 1984 (vigente desde hace 30 años) respondiendo a la nueva realidad urbana, industrial y ambiental del país. Esta permite el control de las sustancias contaminantes que llegan a los cuerpos de agua vertidas por 73 actividades productivas presentes en ocho sectores económicos del país.

Esta Resolución es de obligatorio cumplimiento para todas aquellas personas que desarrollen actividades industriales, comerciales o de servicios y que en el desarrollo de las mismas generen aguas residuales, que serán vertidas en un cuerpo de agua superficial o al alcantarillado público.

El control se realiza a partir de la medición de la concentración de las sustancias descargadas a los cuerpos de agua y que afectan la calidad del agua. A partir de lo dispuesto en esta Resolución la medición de las sustancias contaminantes se realizará en mg/L y no en kg día, como se venía haciendo con el Decreto 1594 de 1984. Lo anterior permite contar con parámetros fijos a cumplir según la actividad productiva.

Las autoridades ambientales son las responsables de hacer un seguimiento y control al cumplimiento de esta Resolución a través de los permisos de vertimientos sobre quienes desarrollen actividades industriales, comerciales o de servicios y que en el desarrollo de las mismas generen aguas residuales que son vertidas sobre cuerpos de agua superficiales o al alcantarillado público.

2.3.2 Norma de reuso

La Ley 373 de 1997 estableció el reuso obligatorio de las aguas de origen superficial, subterráneo o lluvias utilizadas en actividades que generen afluentes líquidos, previo a un análisis técnico, socio-económico y de las normas de calidad ambiental.

Dando alcance a esta Ley, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible establece las disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas que permitirán incidir a nivel nacional, regional y local en:

- El uso eficiente del agua
- La reducción de la contaminación.
- La reducción de la demanda de agua en las zonas con oferta limitada
- La transformación de conflictos por el agua.

El Decreto 1076 de 2015 (Decreto 3930 de 2010) promueve el Reuso de las Aguas Residuales a través de los Planes de Reconversión a Tecnologías Limpias en Gestión de Vertimientos – PRTLGV y lo incluye en la gradualidad para el cumplimiento de la norma de vertimientos.

3 CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

Para el desarrollo metodológico de este trabajo se tuvo en cuenta las políticas Nacionales de la Corporación Regional del Cauca, la normatividad ambiental vigente y toda la información referente aplicable al recurso hídrico y al uso de este de acuerdo a la calidad de las fuentes, usuarios registrados, revisión de información existente 2015-2016, para generar la información 2017, con línea base en seguimiento de reducción de metas de cargas contaminantes, en las fuentes hídricas establecidas en la jurisdicción de la Corporación, entre otros.

Las etapas y actividades que fueron ejecutadas durante la realización del proyecto son descritas a continuación:

3.1 ETAPA I: Determinación de los vertimientos y calidad del recurso hídrico:

3.1.1 Revisión de información y de expedientes de usuarios registrados en la CRC.

3.1.1.1 Actividad 1.

Se realizó una revisión de los expedientes, y normativa existente, de permisos de vertimientos, de los PSMV y de los puntos de monitoreo, lo cual se realizó teniendo en cuenta el archivo de expedientes de la SGA y a partir de los informes presentados por las Direcciones Territoriales de la Corporación. Las territoriales registradas ante la CRC y sus respectivos permisos son los siguientes:

Tabla 5. Territoriales registradas.

TERRITORIAL	NÚMERO DE PERMISOS
TERRITORIAL TIERRADENTRO	0
TERRITORIAL CENTRO	35
TERRITORIAL PATÍA	15
TERRITORIAL PIAMONTE	0
TERRITORIAL MACIZO COLOMBIANO	5
TERRITORIAL NORTE	22
TERRITORIAL PACÍFICO	3

Fuente: elaboración propia

3.1.2 Calidad del recurso hídrico

3.1.2.1 Actividad 2.

Teniendo en cuenta la tabla de registro de caracterizaciones presentadas por los usuarios, y la “tabla guía para el cobro de la tasa retributiva” según la normativa vigente [27], se seleccionó y determinó por direcciones los usuarios que realizan la calidad del recurso hídrico a partir de los siguientes puntos:

- Según el tipo generador: domestico, industrial, pecuario, piscícola, agropecuario.
- Número de usuarios.
- Caudal autorizado.
- Valor a cancelar por periodo.

3.1.2.2 Actividad 3:

A partir de la actividad anterior se le aplicó estadística a los datos de tal forma que se puedan obtener porcentajes por direcciones territoriales de la calidad del recurso hídrico, número de usuarios, caudales autorizados y valor a cancelar mensual, de los usuarios registrados en la CRC.

NOTA: A continuación anexo las tablas de cada una de las territoriales registradas (evidenciadas en la tabla N° 5) y el número de permisos de vertimiento de cada una tramitados en el año 2017.

Tabla 6. Territorial Tierradentro

NOMBRE	ESTADO DE TRAMITE
Vatia	Notificado el auto de inicio del trámite el día 4 de diciembre de 2017.
Empresa inversiones COOTRANSPÁEZ S.A.S.	Notificado el auto de inicio del trámite el día 2 de enero de 2018.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 7. Territorial Centro

NOMBRE	NÚMERO DE PERMISOS
Popayán	15
El Tambo	4
Timbio	3
Cajibío	2
Totoró	4
Piendamó	3
Morales	2
Tunia	1
Jámbalo	2
TOTAL	35

Fuente: elaboración propia.

Tabla 8. Territorial Patía

NOMBRE	NÚMERO DE PERMISOS
Patía	7
Argelia	7
Balboa	1
TOTAL	15

Fuente: elaboración propia.

Nota: Actualmente la Territorial Piamonte no cuenta con actos administrativos relacionados con permisos de vertimientos.

Tabla 9. Territorial Macizo Colombiano

NOMBRE	NÚMERO DE PERMISOS
Almaguer	3
La Sierra	1
Rosas	1
TOTAL	5

Fuente: elaboración propia.

Tabla 10. Territorial Norte

NOMBRE	NÚMERO DE PERMISOS
Puerto Tejada	2
Santander de Quilichao	7
Villa Rica	3
Caloto	3
Guachene	4
Toribio	1
Buenos Aires	1
Suarez	1
TOTAL	22

Fuente: elaboración propia.

Tabla 11. Territorial Pacífico

NOMBRE	NÚMERO DE PERMISOS
Guapi	2
Timbiquí	1
TOTAL	3

Fuente: elaboración propia.

3.1.2.3 Actividad 4:

Se verificó por dirección territorial las fuentes más relevantes en la gestión de la calidad del recurso hídrico, relacionadas con el EMCC.

Según los análisis, las corrientes más contaminadas son:

Tabla 12. Corrientes más contaminadas

NOMBRE	TERRITORIAL
Río Molino	Centro
Río Ejido	Centro
Río Timbío	Centro
Quebrada Agua Sucia	
Zanjón Oscuro	Norte
Quebrada La Chapa	
Río Palo	Norte

Fuente: elaboración propia

3.1.2.4 Actividad 5:

Se evaluó por direcciones territoriales y por Municipios los permisos que están en estado de vencimiento.

3.2 ETAPA II: Monitoreo y seguimiento a los usuarios SIRH.

El plan de monitoreo consistió en realizar una planificación y programación adecuada de cada una de las jornadas de monitoreo, en el cual se

determinaron las fuentes superficiales, puntos de muestreo, equipos requeridos, implementos de protección personal, fecha estimada, personal de apoyo y transporte por parte de la Corporación. Una vez confirmado el transporte, se realizó la solicitud de equipos y materiales al laboratorio Ambiental de la Corporación mediante Formato FT-PDPA-LA027 y se confirmaron los demás requerimientos.

En esta etapa por motivo de tiempo, recursos humanos y económicos, se realizará el monitoreo y seguimiento sólo a los usuarios seleccionados por la entidad.

Por otro lado, las siguientes actividades se realizaron de acuerdo a la normativa vigente [28].

3.2.1 Actividad 1: Estudio de antecedentes.

Se realizó el estudio de antecedentes a los permisos otorgados a usuarios, donde se tuvo en cuenta la revisión de expedientes.

Durante la actividad de la revisión, verificación y actualización de los expedientes se realizaron las siguientes actividades:

- Identificación y consolidación de la información existente para hacer entrega a la persona encargada de los expedientes de PV, PSMV que están a cargo de la subdirección de Gestión Ambiental teniendo en cuenta el caudal de la competencia de la SGA. (mayores a 1 Lt/seg).
- Consolidación de la tabla de información de los Planes de Contingencia existentes que se les dio respuesta o están en trámite.
- Entrega de consolidado de expedientes que son utilizados para competencia de calidad del agua y tasa retributiva que hacen parte de los PV y PSMV.
- Se hizo el proceso de revisión de expedientes, verificando hojas de ruta para ser empalmado con la persona responsable.
- Revisión y verificación de cuadros control de préstamos.

NOTA: A modo de verificación de los permisos de vertimiento anexo la tabla con la relación de los mismos y su ubicación por archivador.

Tabla 13. Relación de los expedientes PV

UBICACIÓN EN ARCHIVADOR N°	CAJÓN N°	# CARPETAS POR RAZÓN SOCIAL	RAZÓN SOCIAL	OBSERVACIONES
1	1	2	AGRICCA O SAN MARINO	
1	1	2	AGROINVERSIONES S.A. PORCICOLA LA PONDEROSA-MIRANDA	
1	1	2	ALIMENTOS CARNICOS S.A ANTES SOCIEDAD FRIGORÍFICO DEL SUR	
1	1	2	ALIMENTOS DEL VALLE S.A. ALIVAL S.A.	
1	1	3	ALPINA - ZONA FRANCA – CALOTO	
1	1	1	ARINSA	
1	2	1	ASOCIACIÓN PISCICOLA COROZAL	
1	2	1	BATALLON DE ASPC N°29 JOSE HILARIO LOPEZ	
1	2	2	BRISAS DEL PACIFICO	
1	2	1	CODISEÑO	
1	2	1	CENTRO RECREACIONAL LOS LAGOS – TIMBIO	
1	2	2	CLINICA LA ESTANCIA S.A.	
1	2	2	COMPAÑÍA INTERNACIONAL DE ALIMENTOS (CINAL) YUPI	
1	2	1	CONJUNTO RESIDENCIAL MORA VERDE	
1	2	2	CONVERTIDORA DE PAPEL DEL CAUCA S.A – COPAPEL	
1	2	1	E.D.S COOPERATIVA INTEGRAL DE TAXIS BELALCAZAR - VEREDA MORINDA	
			E.D.S BELLA VISTA	
1	2	1	E.D.S SANTA ELENA	
1	3	1	E.D.S CENTRO CARROS DEL NORTE – POPAYÁN	
1	3	1	E.D.S COOPERATIVA MULTIACTIVA PROVITEC ANTES E.D.S TEXACO No.23	
1	3	1	E.D.S ESTRELLA EL LIBERTADOR	

1	3	1	E.D.S HOTEL Y REST. EL ORQUIDEAL - MULTISERVVICOS INEL S.A.S	
1	3	1	E.D.S ALTOS DE PIENDAMO	
1	3	2	E.D.S LOS BANCOS S.A.S. MUNICIPIO DE PUERTO TEJADA	
1	3	1	ECOPARQUE RELLENO SANITARIO EL OJITO	
1	3	2	EMPRESA MINERA INDIGENA DEL CAUCA-EMICAUCA S.A.	
1	3	1	ESTABLECIMIENTO PENITENCIARIO DE ALTA Y MEDIANA SEGURIDAD Y CARCELARIO CON ALTA SEGURIDAD DE POPAYÁN - EPAMSCASPY ANTES PENITENCIARIA NACIONAL SAN ISIDRO	
		1	EDICO ESCUELA RURAL MIXTA HIGUERONES, SAN SEBASTIAN.	
		1	EDICO ESCUELA RURAL MIXTA ANDES ALTOS, BALBOA	
		1	EDICO ESCUELA RURAL MIXTA LO9MA BAJA, ROSAS	
1	4	1	FAMILIA DEL PACIFICO S.A.S	
1	4	1	FUNDACIÓN ODONATA (LA MARIA)	
1	4	1	GEOACOPIO	
1	4	3	GENFAR	
1	4	2	GENSA	
1	4	2	GRAN TIERRA ENERGY COLOMBIA LTDA -POZO EXPLORATORIO MIRAFLOR	
1	4	2	GRAND TIERRA ENERGY COLOMBIA LTDA - BATERIA MARY	
2	1	2	HMCL Colombia S.A.S.	
2	1	2	HOSPITAL UNIVERSITARIO SAN JOSE	
2	1	1	INGENIERIA DE VIAS S.A – ROSAS	
2	1	1	INTERCONEXIÓN ELECTRICA ISA S.A. ESP SUBESTACION PÁEZ	

2	1	1	INVERSIONES DAMA SALUD S.A CLINICA SONRIA - POPAYÁN	
2	1	1	LOS TRES EDGARITOS	
2	1	2	GRANJA PORCICOLA ARRAYANES-IMPORTADORA AGRO S.A.S.- MUNICIPIO DE CALOTO	
2	1	1	METREX S.A PARQUE INDUSTRIAL DE POPAYÁN	
2	2	2	P.B.A DEL MUNICIPIO DE CALDONO	
2	2	4	P.B.A DEL MUNICIPIO DE POPAYAN	
2	2	3	P.B.A DEL MUNICIPIO DE TIMBIO	
2	2	1	P.B.A MUNICIPIO DE DE INZA	
2	2	1	P.B.A MUNICIPIO DE PIENDAMO	
2	2	1	P.B.A MUNICIPIO DE DE SILVIA	
2	2	1	P.B.A MUNICIPIO DE PÁEZ BELALCÁZAR	
2	3	2	PARQUE INDUSTRIAL Y COMERCIAL DEL CAUCA - PICC ETAPA I	
2	3	2	PARQUE INDUSTRIAL Y COMERCIAL DEL CAUCA PICC ETAPA II	
2	3	2	PARQUE INDUSTRIAL Y COMERCIAL DEL CAUCA PICC ETAPA III	
2	3	3	PARQUE INDUSTRIAL Y COMERCIAL DEL CAUCA PICC ETAPA IV O ACUAPAEZ S.A E.S.P	
2	3	2	PISCIFACTORIA EL DIVISO	
2	3	1	PARCELACIÓN EL ALJIBE	
2	3	1	PROYECTO DE VIVIENDA ASOBINPORT	
2	4	1	PLANTA DE BENEFICIO DE ORO - ALIANZA TERRITORIAL DE MINERIA SAS	
2	4	1	PLANTA DE BENEFICIO DE ORO EL PORVENIR- BUENOS AIRES	
2	4	2	PLANTA DE BENEFICIO DE ORO COMPRA Y VENTA JT	

2	4	1	PLANTA DE BENEFICIO DE ORO ZAPATA	
2	4	1	PLANTA DE BENEFICIO DE ORO MINA CHAMBIMBE	
2	4	1	PLANTA DE BENEFICIO DE ORO MINA EL DANUBIO – SUÁREZ	
2	4	1	PLANTA DE BENEFICIO DE ORO IVAN QUINCHIA	
2	4	2	PLANTA DE BENEFICIO DE ORO- COOPERATIVA MULTIACTIVA UNION DE MINEROS COOMULTIMENEROS LA PUCHIS -	
3	1	2	GALLINA CAMPEONA Y RICO POLLO LTDA.- PUERTO TEJADA	
3	1	1	PTAR DEL RESGUARDO INDIGENA YAQUIVA - INZÁ	
3	1	1	PTAR CABECERA CAQUIONA	
3	1	1	PTAR CABECERA MUNICIPAL DE ARGELIA	
3	1	1	PTAR DEL CORREGIMIENTO DEL HATO – INZA	
3	1	1	PTAR BARRIO OLAYA HERRERA MUNICIPIO DE JAMBALO	
3	1	1	PTAR CALDERAS DEL RESGUARDO INDIGENA- MUNICIPIO DE INZA	
3	1	1	PTAR CORERGIAMIENTO DE LERMA- BOLIVAR CAUCA	
3	1	2	PTAR CORERGIAMIENTO YARUMALES - PADILLA	
3	1	1	PTAR CORREGIMIENTO PUERTO RICO MUNICIPIO DE ARGÉLIA	
3	1	4	PTAR CORREGIMIENTO EL SINAI, EL MANGO, LA BELLEZA Y EL PLATEADO - MUNICIPIO DE ARGÉLIA	
3	2	1	PTAR EL CENTRO – JAMBALO	
3	2	1	PTAR ESPERANZAS DEL MAYO –MERCADERES	
3	2	1	PTAR RÍO BLANCO MUNICIPIO DE SOTARÁ	

3	2	1	PTAR VEREDA SAN ANDRES MUNICIPIO DE INZA	
3	2	1	PTAR LA CUCHILLA- SIERRA	
3	2	1	PTAR TRAPICHE DE ABRAHAM- MUNICIPIO CORINTO	
3	2	1	PTAR QUINTAS DE SAN FRANCISCO MUNICIPIO DE ROSAS	
3	2	1	PTAR QUITAPEREZA – EMQUILICHAO	
3	2	3	TECNOFAR TQ S.A.	
3	2	1	RALLANDERIA DE PÌLAMO- MUNICIPIO DE GUACHENE	
3	2	1	RAFAEL ORDOÑES MONDRAGON - URBANIZACION DE ROSAS	
3	3	1	SOCIEDAD CAFETERA S.A.S - HACIENDA EL TROJE – TIMBIO	
3	3	1	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UIS - POZO ANH- PATÍA -1-ST-P-MERCADERES	
3	3	1	URBANIZACIÓN BRISAS DEL RIO - PUERTO TEJADA	
3	3	1	URBANIZACION CIUDAD DEL SUR-PLAN PARCIAL DE PUERTO TEJADA	
3	3	1	URBANIZACIÓN CAMINOS DE CALIBIO	
3	3	3	ZONA FRANCA PERMANENTE CONJUNTO INDUSTRIAL- PARQUE SUR	
3	3	2	UNIÓN TEMPORAL DESARROLLO VIAL DEL VALLE Y CAUCA - AREA DE SERVICIO TRAMO 1 OVEJAS - ZONA RESTAURANTE	
3	3	1	UNIÓN TEMPORAL DESARROLLO VIAL DEL VALLE Y CAUCA - AREA DE SERVICIO TRAMO 1 OVEJAS - ZONA ADMINISTRATIVA	

3	3	1	SURAGUAS	
CAJA		3	ALPINA – POPAYAN	
CAJA		4	CARTONERA NACIONAL	
CAJA		3	CARVAJAL PULPA Y PAPEL ANTES PROPAL	
CAJA		3	CORPORACIÓN CLUB CAMPESTRE LOS ANDES - SANTANDER DE QUILICHAO ANTES CONDOMINIO CLUB CAMPESTRE LOS ANDES	
CAJA		4	INCUBADORA SANTANDER S.A. ANTES AGROPECUARIA LATINOAMERICANA (GRANJA EGIPTO)	
CAJA		3	INGENIO DE OCCIDENTE S.A.S.	
CAJA		2	INGENIO DEL CAUCA - PISTA DE ULTRALIVIANOS	
CAJA		7	INGENIO DEL CAUCA (INCAUCA S.A)	
CAJA		9	INGENIO LA CABAÑA	
CAJA		6	PAPELES DEL CAUCA	
CAJA		8	SERVIASEO POPAYAN S.A E.S.P RELLENO PICAHOS	
CAJA		3	AGUAS DEL PARAISO	

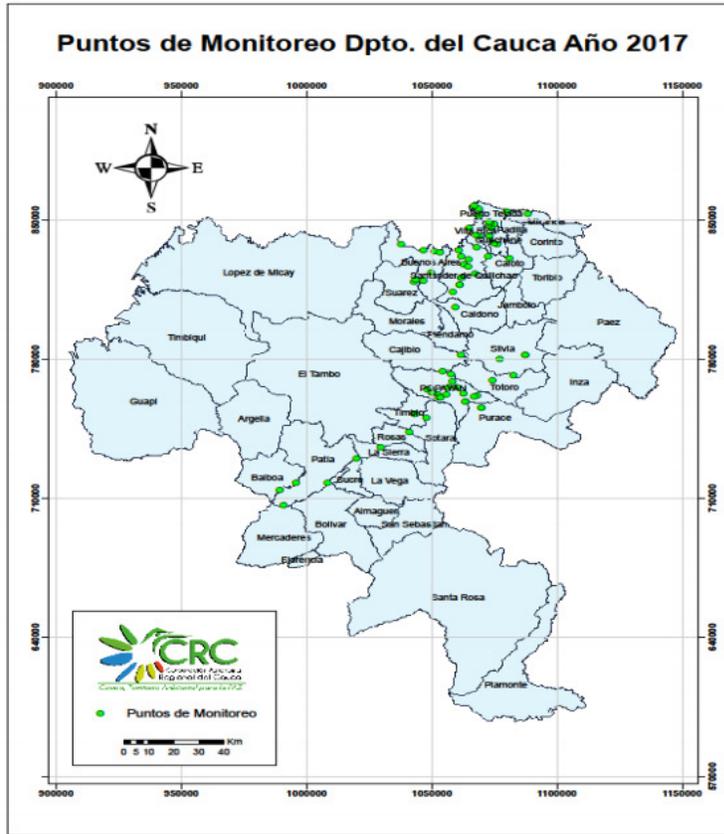
Nota: Número total de expedientes PV: 190

3.2.2 Actividad 2: Reconocimiento del terreno

En esta actividad se determinaron los siguientes puntos:

- Ubicación.
- Linderos (según certificado de tradición).
- Área del predio.
- Coordenadas (vertimiento y predio).
- Fuente de recepción.
- Uso del agua.
- Aforo de la fuente y vertimiento.
- Caudal autorizado.
- Sistema de captación y derivación, si existen.
- Disposición de aguas residuales (si requiere).

Imagen 1. Mapa de localización de puntos de monitoreo de 2016 y puntos adicionales 2017 de calidad de agua en el Departamento del Cauca.



Fuente: Corporación Autónoma Regional del Cauca.

Las corrientes monitoreadas, y la localización geográfica de los puntos de calidad del agua en el Departamento del Cauca se muestran en la siguiente tabla, en la cual se encuentra los 45 puntos establecidos en el año 2016 y los 30 puntos adicionales para el año 2017.

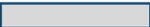
Tabla 14. Corrientes monitoreadas, localización geográfica de los puntos de calidad de aguas

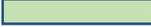
PUNTOS MONITOREADOS PARA LAS TRES CAMPAÑAS PROPUESTAS AÑO 2017								
PTO GENERAL	PTO MONITOREO	CUENCA	SUBCUENCA	CORRIENTE	PUNTO DE MONITOREO	NORTE	ESTE	a.s.n.m.
1	1	CAUCA	QUINAMAYÒ	Río Mandivá	Río Mandivá K0 + 00	817062,4	1061439,3	1120,719
2	2	CAUCA	QUINAMAYÒ	Río Mandivá	Río Mandivá Desembocadura	820769,7	1061352,9	1063
3	3	CAUCA	QUINAMAYÒ	Quebrada La Chapa	Quebrada la Chapa antes de Rayanderías	813941,31	1058309,39	1429,5
4	4	CAUCA	QUINAMAYÒ	Quebrada La Chapa	Quebrada la Chapa Desembocadura	817406,9	1061041,9	118,433
5	5	CAUCA	QUINAMAYÒ	Río Quinamayó	Puente Panamericana	820723,9	1061935	1095
6	6	CAUCA	QUINAMAYÒ	Río Quinamayó	Estación C.V.C Puente Vía a Timba	827300	1063224,4	1008
7	7	CAUCA	QUINAMAYÒ	Zanjón Japio	Zanjón Japio puente vía al CIAT	829896,68	1064669,11	1017,63
8	8	CAUCA	QUINAMAYÒ	Río Quinamayó	Río Quinamayó después de Japio	831493,09	1061785,94	999,85
9	9	CAUCA	QUINAMAYÒ	Quebrada Agua Sucia	Quebrada Agua Sucia antes de Santander	822841,47	1067244,59	1143,66
10	10	CAUCA	QUINAMAYÒ	Quebrada Agua Sucia	Desembocadura Río Quinamayó	827631,3	1063984,2	1043,04
11	11	CAUCA	QUINAMAYÒ	Quebrada Agua Sucia	Puente Variante Santander	826287,8	1064899,4	1032
12	12	CAUCA	QUINAMAYÒ	Río Quinamayó	Desembocadura a Río Cauca	835256	1060297,9	986,67
13	1	CAUCA	ZANJÓN OSCURO	Zanjón Oscuro	Corregimiento de Santa Ana	853332	1088303,3	1039
14	2	CAUCA	ZANJÓN OSCURO	Zanjón Oscuro	Puente vía Puerto Tejada - Candelaria	854207,4	1080031	1003
15	3	CAUCA	ZANJÓN OSCURO	Zanjón Oscuro	Desembocadura	855815,7	1068828,5	981
16	1	CAUCA	RIO PALO	Río Palo	Bocatoma corregimiento El Palo	830374,81	1081019,14	1102,7
17	2	CAUCA	RIO PALO	Río Palo	Antes PTAR Guachené	837409,1	1076339,9	1034,49
18	3	CAUCA	RIO PALO	Río Palo	Después de PTAR Guachené	838241,31	1074930,15	1011,67
19	4	CAUCA	RIO PALO	Río Palo	Puente del Maíz	841650,9	1073101,86	1007,08
20	5	CAUCA	RIO PALO	Río Palo	Puente PICC	846214,25	1073738,43	1001,64
21	6	CAUCA	RIO PALO	Río Palo	Puente Perico Negro	847109,5	1073252,8	1010,19
22	7	CAUCA	RIO PALO	Río Palo	Puente Puerto Tejada	848983,77	1072808,81	959,94
23	8	CAUCA	RIO PALO	Río La Paila	Antes de Puerto Tejada	848174,39	1074862,22	996,19
24	9	CAUCA	RIO PALO	Río La Paila	Desembocadura a R. Palo	848256,7	1073871,4	1014,9
25	10	CAUCA	RIO PALO	Río Palo	Desembocadura a Cauca	851828,3	1069187,8	995,22
26	1	CAUCA	QUEBRADA	Quebrada La Quebrada	Puente Crucero de Gualí	831579,16	1072526,95	1057,82
27	2	CAUCA	QUEBRADA	Quebrada La Quebrada	Puente Panamericana antes de peaje	836266,1	1067941,7	1009
28	1	CAUCA	TABLA	Quebrada La Tabla	Antes de Parque sur	842300,74	1067549,19	1062
29	2	CAUCA	TABLA	Quebrada La Tabla	Después de la Y Entrada a Parque	831578,1	1072511,7	1045

PUNTOS MONITOREADOS PARA LAS TRES CAMPAÑAS PROPUESTAS AÑO 2017								
PTO GENERAL	PTO MONITOREO	CUENCA	SUBCUENCA	CORRIENTE	PUNTO DE MONITOREO	NORTE	ESTE	a.s.n.m.
					Sur			
30	1	CAUCA	MOLINO	Río Ejido	Antes de Barrio Avelino Ull	760750,3	1053504,7	1760,782
31	2	CAUCA	MOLINO	Río Ejido	Barrio Junín Antes de R. Molino	763312,6	1050042,7	1724,134
32	1	CAUCA	MOLINO	Río Molino	Antes de Pueblillo	762054,8	1055623,1	1797,773
33	2	CAUCA	MOLINO	Río Molino	Puente Edificio Negret	762082,87	1052536,7	1752,62
34	3	CAUCA	MOLINO	Río Molino	Antes de R. Ejido	763312,9	1050046,7	1718,251
35	4	CAUCA	MOLINO	Río Molino	Después de Ejido	763381,28	1050043,66	1707,08
36	1	CAUCA	CAUCA	Río Cauca	Antes de Vinagre-Bocatoma Florida II	758437,4	1063648,1	2031
37	2	CAUCA	VINAGRE	Río Vinagre	Sector de Puracé	755362,54	1069766,99	2655,48
38	3	CAUCA	VINAGRE	Río Vinagre	Desembocadura Río Vinagre a Cauca	758638	1063669,6	2029
39	4	CAUCA	PIEDRAS	Río Piedras	Antes de Piso factoría El Diviso	761643,64	1068216	2303,78
40	5	CAUCA	PIEDRAS	Río Piedras	Puente vía a Quintana	762123,5	1063066,6	2016
41	6	CAUCA	PIEDRAS	Río Piedras	Después de piso factoría El Diviso	761092,86	1066833,98	2231,88
42	7	CAUCA	CAUCA	Río Cauca	Puente Metálico Vivero	765732,3	1056396,8	1700
43	8	CAUCA	CAUCA	Río Cauca	Estación Julumito	764302,1	1048593,4	1679
44	9	CAUCA	CAUCA	Río Cauca	Puente Metálico, Barrio Comuneros (Suárez)	817773,9	1042574,1	1041
45	10	CAUCA	CAUCA	Río Cauca	Puente La Balsa (Vía Timba)	833243,1	1053277,2	1009
46	11	CAUCA	CAUCA	Río Cauca	Puente Valencia (Puerto Tejada)	845973,6	1065153,4	987
47	12	CAUCA	CAUCA	Río Cauca	Puente Hormiguero	856466,5	1067210,3	993
48	1	CAUCA	OVEJAS	Río Ovejas	Puente Panamericana	805640,2	1059770,9	1368
49	2	CAUCA	OVEJAS	Río Ovejas	Desembocadura	819205,2	1044190,9	1046
50	1	CAUCA	PALACE	Río Blanco	Antes de Penitenciaría San Isidro	765658,01	1059888,66	1874,69
51	2	CAUCA	PALACE	Río Blanco	Puente Panamericana	768579,6	1058204,9	1818,729
52	1	CAUCA	PALACE	Río Palacé	Puente Panamericana	772304,9	1057743,77	1755,631
53	1	CAUCA	PIENDAMO	Quebrada Nímbe	Antes de río Piendamó	782077,57	1087455,6	2998,76
54	2	CAUCA	PIENDAMO	Río Piendamó	Después de Quebrada Nímbe	782053,68	1087357,27	2994,25
55	3	CAUCA	PIENDAMO	Río Piendamó	Después de Silvia	779968,99	1077149,25	2471,18
56	4	CAUCA	PIENDAMO	Río Piendamó	Puente Panamericana	782129	1061773,6	1812,747
57	1	PATIA	TIMBIO	Río Timbío	Antes de Timbio	750519,02	1047789,38	1855,31
58	2	PATIA	TIMBIO	Río Timbío	Puente. Panamericana	751955,2	1044008,6	1814,71
59	3	PATIA	TIMBIO	Río Timbío	Después de Timbío	752566,59	1042942,99	1800,45
60	4	PATIA	QUILCACÈ	Río Quilcacé -	Puente. Panamericana	743021,1	1041298,7	1397,35
61	5	PATIA	QUILCACÈ	Río Esmita	Puente. Panamericana	735292	1029963,3	969,56
62	6	PATIA	GUACHICONO	Río Guachicono	Puente Fierro	729992,7	1020256	950,59

PUNTOS MONITOREADOS PARA LAS TRES CAMPAÑAS PROPUESTAS AÑO 2017								
PTO GENERAL	PTO MONITOREO	CUENCA	SUBCUENCA	CORRIENTE	PUNTO DE MONITOREO	NORTE	ESTE	a.s.n.m.
63	7	PATIA	GUACHICONO	Río Guachicono	Puente vía a Sucre	718000,34	1008301,73	716,96
64	8	PATIA	PATIA	Río Patía	Puente Vía a Olaya	717791,99	995710,12	607,69
65	9	PATIA	PATIA	Río Patía	Puente La Barca, Vía a Balboa	714006,3	989716	593,43
66	10	PATIA	PATIA	Río Patía	Unión Río San Jorge con Río Guachicono	706297,9	991281,2	609,09
67	1	CAUCA	TETA	RIO TETA	Sector Higueros, antes de minería de filón	819088,7	1047042,4	1273,75
68	2	CAUCA		RIO TETA	Sector Santa Catalina, después de minería de filón	823057	1050060,1	1129,62
69	3	CAUCA		RIO TETA	Sector Lomitas Bajas, desembocadura al Cauca	834089,7	1058371,1	1005,93
70	1	CAUCA	PALACE	Río Cofre	Antes de Totoró	771835,72	1082593,47	3163,19
71	2	CAUCA		Río Cofre	Después de vertimientos (PTARs)	769392,5	1074183,78	2513,07
72	3	CAUCA		Río Cofre	Desembocadura	774082,56	1054254,4	1658,8
73	1	CAUCA	TIMBA	Río Timba	Sector la Arabia	837883,79	1037775,18	1226,42
74	2			Río Timba	Sector el Palmar	834562,82	1046670,83	1069,51
75	3			Río Timba	Desembocadura La Berta	834401,39	1050983,28	1014,79

Fuente:CRC

Puntos implementados en el 2016 (45) 

Puntos adicionados en el 2017 (30) 

3.2.3 Actividad 3: Obligaciones

En esta actividad se determinaron las obligaciones con respecto a las obras, al uso y preservación ambiental, que deberán cumplir los usuarios con respecto a la calidad de la fuente receptora.

3.2.4 Actividad 4: Estudio de factibilidad

En esta actividad se tuvo en cuenta los siguientes puntos:

- Calidad de las fuentes de recepción.
- Oposiciones (si se presentaban).

3.2.5 Actividad 5: Observaciones

En esta actividad se presentan las observaciones encontradas en las visitas de campo.

De cada una de las visitas se puede llegar, en términos generales, a las mismas observaciones que definen a grandes rasgos la situación que presenta el tratamiento y cuidado del agua en el departamento del Cauca. De manera particular y para los fines de este proyecto, las condiciones de los vertimientos y el tratamiento previo por el que pasan.

- La falta de sistemas y procesos de tratamiento antes de ser descargadas las aguas.
- Las comunidades se desentienden de la problemática ambiental y desconocen sus consecuencias.
- Las plantas que sí existen están en estado de deterioro.
- Los empleados encargados de los vertimientos carecen de un apropiado conocimiento para realizar sus tareas.

3.3 ETAPA III: Determinar las alternativas de manejo.

3.3.1 Actividad 1: Se determinan las acciones encaminadas a la protección y calidad del recurso hídrico en el departamento del Cauca, las cuales están ligadas a las políticas nacionales y regionales para el recurso superficial [29] y [30].

Siguiendo los lineamientos establecidos por las políticas nacionales, y empezando desde lo más elemental, se establecieron los siguientes puntos para crear alternativas de manejo:

- Se realiza una previa investigación y consolidación de información de contacto de las diferentes territoriales.
- Solicitud de información: permisos de vertimientos de cada una de las territoriales.

- Acercamiento a las instituciones encargadas de las diferentes direcciones territoriales para respetuosa solicitud de la información de los cuadros de control de tiempos (PV) de cada una de ellas.
- Visita y verificación de los puntos de vertimiento.
- Análisis físico-químico y microbiológico del agua en los puntos de vertimiento.

Nota: Para la verificación de los parámetros microbiológicos agrego la siguiente tabla.

Tabla 15. Valores límite-parámetros microbiológicos establecidos por la EPA.

Parámetros Microbiológicos	Valores Límite EPA	
	Lodo Clase A	Lodo Clase B
Coliformes fecales	<1000 NMP/g o UFC/g	<2000000 NMP/g o UFC/g
Salmonella sp	<3 NMP/4g	<2000000 NMP/g o UFC/g
Huevos de Helminto	1 huevo viable/4 g	-

Fuente: EPA, Code of federal regulations (CFR) 40 CFR parte 503.

Además de los parámetros microbiológicos que se indican en la tabla N°5, es necesario determinar un conjunto de parámetros fisicoquímicos. Esto permitirá saber si los valores indicados se encuentran dentro del intervalo que relaciona valores máximos y mínimos permitidos. Los parámetros fisicoquímicos más relevantes son:

- Determinación de pH
- Determinación de acidez
- Determinación de alcalinidad
- Coliformes totales NMP/100ml
- Coliformes fecales NMP/100ml
- Determinación de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)

- Determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)
- Color
- Turbidez
- NITRATOS mg NO₃- N/L
- NITRITOS mg NO₂- N/L
- ORTOFOSFATOS mg PO₄-P/L

Alternativa de manejo: para el desarrollo de esta actividad, se consultó bibliografía relacionada al tema, para saber cuáles eran los procedimientos más utilizados en cuanto al vertimiento de aguas residuales en un cuerpo receptor, señalando el uso de biofiltros como mejor alternativa tanto por su economía como por la facilidad de operación que estos tienen.

4 CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1 Identificación de vertimientos y fuentes receptoras

Para la identificación de todas las fuentes receptoras se realizaron campañas de monitoreo en el año 2017, con el fin de conocer el estado de las corrientes. Para esto también se estableció un cronograma; todo esto se presenta a continuación en la tabla N° 16.

Tabla 16. Cronograma de monitoreo para el año 2017 y fuentes receptoras.

CAMPAÑAS DE MONITOREO AÑO 2017		FUENTES SUPERFICIALES
CAMPAÑA	FECHA	
1	5,6,12 de Abril	Ríos: Ejido, Molino, Cauca, Vinagre, Piedras (Popayán)
2	7 y 20 de Junio	
3	30 y 31 de Agosto	
1	19 de Abril	Ríos: Cauca, Ovejas (Norte del Cauca)
2	21 de junio	
3	7 de Septiembre	
1	20 de Abril	Ríos: Palo, Paila
2	11 de Julio	
3	14 de Septiembre	
1	27 de Abril de	Ríos: La Tabla - La Quebrada, Zanjón Oscuro.
2	12 de Julio	
3	21 de Septiembre	
1	11 de Mayo	Ríos: Quinamayó, Mandivá, Quebradas: Agua Sucia, La Chapa y Zanjón Japio
2	15 de Agosto	
3	28 de Septiembre	
1	18 de Mayo	Ríos: Blanco, Palacé, Piendamó
2	25 de Julio	
3	5 de Octubre	
1	25 de Mayo	Río: Cofre
2	4 de Julio	
3	19 de Octubre	
1	1 de Junio	Río: Teta
2	16 de Agosto	
3	26 de Octubre	
1	7 de Junio	Ríos: Timbio, Quilcace, Esmita
2	9 de Agosto	
3	9 de Noviembre	
1	8 de Junio	Ríos: Guachicono, San Jorge, Patia
2	12 de Julio	
3	10 de Noviembre	

Fuente: CRC

Fotografía 1. 1. Quebrada El Playón. Vertimiento PTAR



4.1.2 Procedimiento de monitoreo

- **Procedimiento de monitoreo:**

El procedimiento y metodología que se llevó a cabo para realizar las jornadas de monitoreo de cada campaña propuesta para el año 2017, se realizaron teniendo en cuenta los requerimientos, instrucciones y cuidados para la recolección de muestras de agua con sus respectivos instrumentos y equipos, como también las especificaciones en recipientes, de preservación, identificación (rotulación), transporte y finalmente entrega de las muestras en el Laboratorio Ambiental de la Corporación.

Fotografía 2. Monitoreo en el Río Molino



- **Metodología de muestreo:**

Teniendo identificados y reconocidos los puntos de muestreo del año 2016 (45) y los adicionales del año 2017 (30), para un total de 75 puntos a realizarse durante las tres campañas propuestas para el año 2017, cuenta con la previa logística del plan de monitoreo mencionada, se procede a realizar la caracterización puntual de la fuente hídrica en el sitio, así como diligenciar el registro de datos en campo in situ, esto con la adecuada rotulación de muestras, la protección, transporte y recepción de muestras en el laboratorio según lo estimado por el IDEAM.

Fotografía 3. Toma de muestras



- **Afore de caudales:**

El número total de aforos propuestos para el año 2017 fueron 75 puntos en campaña, sujetos a modificación debido a la complejidad y seguridad del personal, para ese año en las tres campañas se logró aforar un total de 161 puntos para las campañas propuestas como lo muestra la tabla 17 a continuación.

Tabla 17. Aforo de caudales e índices de calidad del agua

CAMPAÑAS DE MONITOREO	AFOROS TOTALES
1 Campaña	51
2 Campaña	53
3 Campaña	57

- **Registros:**

Una vez obtenida la información tanto en campo como en laboratorio se registra en la base de datos existente, con el fin de procesar la información y

poder calcular los índices de calidad mediante la metodología según la guía del ICA–IDEAM.

4.2. Diagnóstico del recurso hídrico en los vertimientos

Según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, el índice de calidad del agua ICA es el valor numérico que califica en una de cinco categorías, la calidad del agua de una corriente superficial, con base en las mediciones obtenidas para un conjunto de cinco o seis variables, registradas en una estación de monitoreo en un determinado tiempo. Los valores optativos que puede llegar a tomar el indicador han sido clasificados en categorías, de acuerdo a ellos se califica la calidad del agua de las corrientes superficiales, al cual se le ha asociado un color como señal de alerta.

Tabla 18. Calificación de la calidad del agua superficial según los valores del indicador de calidad ICA – IDEAM.

RANGO PARA EL VALOR DEL INDICADOR	SEÑAL DE ALERTA DEL INDICADOR	CALIFICACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA SEGÚN EL ÍNDICADOR
$0,00 > y \leq 0,25$	ROJO	MUY MALA
$0,25 > y \leq 0,50$	NARANJA	MALA
$0,50 > y \leq 0,70$	AMARILLO	REGULAR
$0,70 > y \leq 0,90$	VERDE	ACEPTABLE
$0,90 > y \leq 1,00$	AZUL	BUENA

Fuente: ICA-IDEAM

El indicador se calcula a partir de los datos de concentración de un conjunto de cinco o seis variables, en las tres campañas realizadas, se tuvo en cuenta 5 variables para la aplicación del índice ya que en los monitoreos ejecutados no

se determinaron variables como Nitrógeno Total y Fósforo Total, por ende, no se pudo utilizar el índice de 6 variables.

Para calcular el Índice ICA se puede utilizar una suma lineal ponderada de los subíndices. Estas agregaciones se pueden expresar matemáticamente de la siguiente manera:

$$ICA_{njt} = \left(\sum_{i=1}^n w_i \cdot I_{ikjt} \right)$$

Dónde:

ICA_{njt} Es el índice de calidad del agua de una determinada corriente superficial en la estación de monitoreo de la calidad del agua j en el tiempo t, evaluado con base en n variables.

w_i Es el ponderador o peso relativo asignado a la variable de calidad i.

I_{ikjt} Es el valor calculado de la variable i (obtenido de aplicar la curva funcional o ecuación correspondiente), en la estación de monitoreo j, registrado durante la medición realizada en el trimestre k, del periodo de tiempo t.

n Es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador; n es igual a 5 o 6 dependiendo de la medición del ICA que seleccione.

En la tabla 19 se resume las variables que están involucradas en el cálculo del indicador para el caso de 5 variables como se trabajó para las campañas propuestas en el presente año (2017), la unidad de medida en la que se registra cada uno de ellos y la ponderación que tienen dentro de la fórmula del cálculo.

Tabla 19. Variables y ponderaciones para el caso de cinco variables.

VARIABLE	UNIDAD DE MEDIDA	PONDERACIÓN (W_i)
Oxígeno Disuelto, OD.	% Saturación	0,2
Solidos Suspendidos Totales, SST.	mg/L	0,2
Demanda Química De Oxígeno, DQO.	mg/L	0,2
Conductividad Eléctrica, C.E.	$\mu\text{s/cm}$	0,2
pH	Unidades de pH	0,2

Fuente: CRC

4.2.1 Análisis y resultados de laboratorio

Tabla 20. Parámetros in situ como caudal, pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto y porcentaje de saturación de las fuentes monitoreadas.

CUENCA	SUBCUENCA	CORRIENTE	N°	PUNTO	PARÁMETROS IN-SITU					
					CAUDAL m3/seg	PH UND	TEMPERATURA °C	CONDUCTIVIDAD μS/cm	OXIGENO DISUELTO mg/L	% de OD
CAUCA	QUINAMAYÒ	Río Mandivá	1	Río Mandivá K0 + 00	0,112	8,1	23,9	137,6	6,22	75,1
	QUINAMAYÒ	Río Mandivá	2	Río Mandivá Desembocadura	0,774	7,72	25,2	102,1	5,42	62,8
	QUINAMAYÒ	Quebrada La Chapa	3	Quebrada la Chapa antes de Rayanderías	0,023	7,81	20,6	48,4	7,25	81,8
	QUINAMAYÒ	Quebrada La Chapa	4	Quebrada la Chapa Desembocadura	0,24	8	23,1	87,14	5,87	69,6
	QUINAMAYÒ	Quinamayo	5	Puente Panamericana	0,819	7,78	25	72,8	6,1	74,3

CUENCA	SUBCUENCA	CORRIENTE	N°	PUNTO	PARÁMETROS IN-SITU					
					CAUDAL m3/seg	PH UND	TEMPERATURA °C	CONDUCTIVIDAD μS/cm	OXIGENO DISUELTO mg/L	% de OD
					QUINAMAYÒ	Río Quinamayó	6	Estación C.V.C Puente Vía a Timba	2,703	7,52
QUINAMAYÒ	Zanjón Japio	7	Zanjón Japio puente vía al CIAT	*	7,3	24,6	226,6	0,75	8,7	
QUINAMAYÒ	Río Quinamayó	8	Río Quinamayó después de Japio	4,529	7,17	24,2	106,1	5,31	63,9	
QUINAMAYÒ	Quebrada Agua Sucia	9	Quebrada Agua Sucia antes de Santander	0,049	6,7	21,5	50,1	7,3	83,9	
QUINAMAYÒ	Quebrada Agua Sucia	10	Desembocadura Rio Quinamayó	0,309	7,26	23,9	102,1	5,1	61,3	
QUINAMAYÒ	Quebrada Agua Sucia	11	Puente Variante Santander	0,185	7,45	24,4	141,7	4,03	48,8	
QUINAMAYÒ	Río	12	Desembocadura	4,884	7,55	23,9	105,3	4,72	56,8	

CUENCA	SUBCUENCA	CORRIENTE	N°	PUNTO	PARÁMETROS IN-SITU					
					CAUDAL m3/seg	PH UND	TEMPERATURA °C	CONDUCTIVIDAD μS/cm	OXIGENO DISUELTO mg/L	% de OD
						Quinamayó		a Río Cauca		
	RIO PALO	Río Palo	13	Bocatoma corregimiento El Palo	3,081	7,21	22,6	87,1	8,01	9,97
	RIO PALO	Río Palo	14	Antes PTAR Guachené	*	7,53	23,2	89,4	798	97,5
	RIO PALO	Río Palo	15	Después de PTAR Guachené	*	7,83	23,9	158,3	7,86	84,6
	RIO PALO	Río Palo	16	Puente del Maíz	*	7,92	24	160,9	793	95,7
	RIO PALO	Río Palo	17	Puente PICC	4,609	8,27	25	242,3	5,97	71,9
	RIO PALO	Río Palo	18	Puente Perico Negro	*	8,31	25,7	245,7	5,26	65,9
	RIO PALO	Río Palo	19	Puente Puerto Tejada	*	8,16	25	178,4	5,52	67,5
	RIO PALO	Río La Paila	20	Antes de Puerto Tejada	*	8,34	24,4	147,7	5,76	70,1

CUENCA	SUBCUENCA	CORRIENTE	N°	PUNTO	PARÁMETROS IN-SITU					
					CAUDAL m3/seg	PH UND	TEMPERATURA °C	CONDUCTIVIDAD μS/cm	OXIGENO DISUELTO mg/L	% de OD
	RIO PALO	Rio La Paila	21	Desembocadura a R. Palo	*	8,26	24,7	183,9	6,02	73,5
	RIO PALO	Rio Palo	22	Desembocadura a Cauca	5,117	8,1	25,2	213,5	4,71	57,8
	QUEBRADA	Quebrada La Quebrada	23	Puente Crucero de Gualí	0,615	6,73	21,8	121	7,51	86,9
	QUEBRADA	Quebrada La Quebrada	24	Puente Panamericana antes de peaje	0,603	6,7	22,0	128	7,49	85,3
	TABLA	Quebrada La Tabla	25	Antes de Parque sur (H. Comunidad)	0,431	6,36	21,2	89,2	7,37	84,1
	TABLA	Quebrada La Tabla	26	Después de la Y Entrada a Parque Sur	0,439	21,5	6,48	92,1	6,91	75,2
	ZANJÓN OSCURO	Zanjón Oscuro	27	Corregimiento de Santa Ana	0,204	7,35	21,1	97	6,64	75,6

CUENCA	SUBCUENCA	CORRIENTE	N°	PUNTO	PARÁMETROS IN-SITU					
					CAUDAL	PH UND	TEMPERATURA	CONDUCTIVIDAD	OXIGENO	% de OD
					m3/seg		°C	μS/cm	DISUELTO	
						mg/L				
	ZANJÓN OSCURO	Zanjón Oscuro	28	Puente vía Puerto Tejada - Candelaria Despues de Incauca)	0,981	6,83	23,4	340	0,12	1,4
	ZANJÓN OSCURO	Zanjón Oscuro	29	Desembocadura	1,08	7,41	23,3	285	0,16	1,9
	MOLINO	Rio Ejido	30	Antes de Barrio Avelino UII	0,074	7,87	16,7	59,61	7,21	76,2
	MOLINO	Rio Ejido	31	Barrio Junín Antes de R. Molino	0,557	7,64	21,6	422	0,73	10,1
	MOLINO	Rio Molino	32	Antes de Pueblillo	0,17	8,01	17,8	64,34	7,65	79,8
	MOLINO	Rio Molino	33	Puente Edificio Negret	0,621	8,00	19,1	86,08	6,96	92,04
	MOLINO	Rio Molino	34	Antes de R.	0,64	7,39	22,8	260,4	1,87	26,4

CUENCA	SUBCUENCA	CORRIENTE	N°	PUNTO	PARÁMETROS IN-SITU					
					CAUDAL m3/seg	PH UND	TEMPERATURA °C	CONDUCTIVIDAD μS/cm	OXIGENO DISUELTO mg/L	% de OD
								Ejido		
	MOLINO	Río Molino	35	Después de Ejido	1,198	7,66	19,5	334,8	1,15	16,2
	CAUCA	Rio Cauca	36	Antes de Vinagre- Bocatoma Florida II	*	7,36	14,4	105	6,72	78,1
	VINAGRE	Rio Vinagre	37	Sector de Puracé	0,65	2,03	13,6	8190	7,21	82,1
	VINAGRE	Rio Vinagre	38	Desembocadura Río Vinagre a Cauca (San Francisco)	3,59	3,71	15,7	1662	7,35	86,7
	PIEDRAS	Rio Piedras	39	Antes de Piscifactoria El Diviso	0,704	6,25	14,4	66,6	7,31	85,2
	PIEDRAS	Rio Piedras	40	Puente vía a	1,227	6,41	16,4	78,4	7,16	82,3

CUENCA	SUBCUENCA	CORRIENTE	N°	PUNTO	PARÁMETROS IN-SITU					
					CAUDAL m3/seg	PH UND	TEMPERATURA °C	CONDUCTIVIDAD μS/cm	OXIGENO DISUELTO mg/L	% de OD
								Quintana		
	PIEDRAS	Rio Piedras	41	Despues de pisofactoria El Diviso	0,711	7,17	14,2	79,6	6,94	80,1
	CAUCA	Rio Cauca	42	Puente Metálico Vivero	*	4,65	15,6	351	6,31	76,7
	CAUCA	Rio Cauca	43	Estación Julumito	*	3,82	17,3	291,3	5,27	69,3
	OVEJAS	Rio Ovejas	44	Puente Panamericana	4,44	7,64	20,8	644	8,01	101,2
	OVEJAS	Rio Ovejas	45	Desembocadura	11,531	6,83	20,6	69,8	8,53	108,6
	CAUCA	Rio Cauca	46	Puente Metálico, Barrio Comuneros (Suárez)	*	6,53	20	749	3,81	57,5
	CAUCA	Rio Cauca	47	Puente La Balsa	*	5,8	20,6	75,2	4,21	63,2

CUENCA	SUBCUENCA	CORRIENTE	N°	PUNTO	PARÁMETROS IN-SITU					
					CAUDAL m3/seg	PH UND	TEMPERATURA °C	CONDUCTIVIDAD μS/cm	OXIGENO DISUELTTO mg/L	% de OD
								(Vía Timba)		
	CAUCA	Rio Cauca	48	Puente Valencia (Puerto Tejada)	*	6,88	21,6	79,5	5,72	76,1
	CAUCA	Rio Cauca	49	Puente Hormiguero	*	6,96	22,9	84,3	5,81	77,6
	PALACE	Rio Palacé	50	Puente Panamericana	4,549	7,28	15,4	81,3	8,42	85,7
	PIENDAMO	Quebrada Ñimbe	51	Antes de rio Piendamó	*	7,19	10,8	38,8	8,92	88,6
	PIENDAMO	Rio Piendamó	52	Después de Quebrada Ñimbe(antes criadero trucha	*	5,52	10,8	33	8,75	88,4
	PIENDAMO	Rio Piendamó	53	Después de Silvia	2,705	6,18	11,6	57,6	8,72	81,9

CUENCA	SUBCUENCA	CORRIENTE	N°	PUNTO	PARÁMETROS IN-SITU					
					CAUDAL m3/seg	PH UND	TEMPERATURA °C	CONDUCTIVIDAD μS/cm	OXIGENO DISUELTO mg/L	% de OD
					PIENDAMO	Rio Piendamó	54	Puente Panamericana	3,195	7,44
TETA	RIO TETA	55	Sector Higuerillos, antes de minería de filón	5,966	7,01	20,2	18,23	7,59	101,1	
TETA	RIO TETA	56	Sector Santa Catalina, después de minería de filón	6,945	7,29	22,1	43,73	7,34	99,8	
TETA	RIO TETA	57	Sector Lomitas Bajas, desembocadura al Cauca	7,593	7,38	22,4	44,26	6,33	85,2	
BLANCO	Río Cofre	58	Antes de Totoró	0,441	7,23	11,11	39,2	8,24	76	
BLANCO	Río Cofre	59	Después de vertimientos	0,90	7,51	14	110,7	7,9	77,9	

CUENCA	SUBCUENCA	CORRIENTE	N°	PUNTO	PARÁMETROS IN-SITU					
					CAUDAL m3/seg	PH UND	TEMPERATURA °C	CONDUCTIVIDAD μS/cm	OXIGENO DISUELTTO mg/L	% de OD
								(PTARs) Totoro		
	BLANCO	Río Cofre	60	Desembocadura a Palace	2,38	7,29	18,5	81,3	7,93	85,8
	PALACE	Rio Blanco	61	Antes de Penitenciaría San Isidro (antes de Q.lame)	0,372	6,48	18	73,2	7,79	83,4
	PALACE	Rio Blanco	62	Puente Panamericana	0,462	6,52	18,1	110,3	7,45	80,1
	TIMBA	Río Timba	63	Sector la Arabia	2,867	7,71	18,5	49,30	8,16	107,3
	TIMBA	Río Timba	64	Sector el Palmar	9,858	7,28	21,3	59,3	7,52	100,3
	TIMBA	Río Timba	65	Desembocadura La Berta	10,058	6,91	21,4	63,28	7,51	99
PATIA	TIMBIO	Rio Timbío	66	Antes de Timbio	0,517	7,36	17,6	34,71	7,41	100,9

CUENCA	SUBCUENCA	CORRIENTE	N°	PUNTO	PARÁMETROS IN-SITU					
					CAUDAL m3/seg	PH UND	TEMPERATURA °C	CONDUCTIVIDAD µS/cm	OXIGENO DISUELTO mg/L	% de OD
					TIMBIO	Rio Timbío	67	Puente. Panamericana	0,918	7,29
TIMBIO	Rio Timbío	68	Después de Timbío	0,992	7,42	19,1	49,27	6,09	84,7	
QUILCACÈ	Rio Quilcacé -	69	Puente. Panamericana	3,28	7,19	18,2	106,4	7,84	101,5	
QUILCACÈ	Rio Esmita	70	Puente. Panamericana	1,366	6,79	22,6	209	7,61	102,3	
GUACHICONO	Rio Guachicono	71	Puente Fierro	14,45	6,55	203,0	82,36	5,65	76,9	
GUACHICONO	Rio Guachicono	72	Puente vía a Sucre	15,85	6,78	21,2	80,1	6,21	86,2	
PATIA	Rio Patía	73	Puente Vía a Olaya	*	7,07	22,7	83,46	7,37	95,3	
PATIA	Rio Patía	74	Puente La Barca, Vía a Balboa	22,885	7,21	22,7	86,78	7,03	90,4	

CUENCA	SUBCUENCA	CORRIENTE	N°	PUNTO	PARÁMETROS IN-SITU					
					CAUDAL m3/seg	PH UND	TEMPERATURA °C	CONDUCTIVIDAD μS/cm	OXIGENO DISUELTO mg/L	% de OD
					PATIA	Río Patía	75	Unión Río San Jorge con Río Guachicono	20,394	7,1

Tabla 21. Resultados de los parámetros físicos y químicos determinados por el Laboratorio Ambiental de la CRC de los puntos monitoreados.

CUENCA	SUBCUENCA	CORRIENTE	N°	PUNTO	PARÁMETRO DE LABORATORIO												
					DBO mg/L	DQO mg/L	SST mg/L	COLOR UPC	TURBIDIDAD UNT	DUREZA mgCaCO3/L	ALCALINIDAD mgCaCO3/L	NITRITOS mg NO2-N/L	NITRATOS mg NO3-N/L	ORTOFOSFATO S mg PO4-P/L	TOTALES NMP/100ml	FECAL NMP/100ml	MERCURIO Ug/l
					CAUCA	QUINAMAYÒ	Río Mandivá	1	Río Mandivá K0 + 00	<0,9	<15	5,6	55	6,4	63	12	<0,01
QUINAMAYÒ	Río Mandivá	2	Río Mandivá Desembocadura	2		<15	15,0	118	13,4	45	6	0,07	0,5	0,19	239000	10000	
QUINAMAYÒ	Quebrada La Chapa	3	Quebrada la Chapa antes de Rayanderías	<0,9		45,7	11,3	81	12,2	19,8	4	0,01	0,45	0,02	32600	700	

CUENCA	SUBCUENCA	CORRIENTE	N°	PUNTO	PARÁMETRO DE LABORATORIO												
					DBO mg/L	DQO mg/L	SST mg/L	COLOR UPC	TURBIDIDAD UNT	DUREZA mgCaCO3/L	ALCALINIDAD mgCaCO3/L	NITRITOS mg NO2-N/L	NITRATOS mg NO3-N/L	ORTOFOSFATO S mg PO4-P/L	TOTALES NMP/100ml	FECAL NMP/100ml	MERCURIO Ug/l
					QUINAMAYÒ	Quebrada La Chapa	4	Quebrada la Chapa Desembocadura	1	<15	11,5	96	11,3	32,8	7	0,03	0,56
QUINAMAYÒ	Quinamayo	5	Puente Panamericana	<0,9	<15	5,2	46	5,5	34,1	7	<0,01	0,37	0,02	25400	800		
QUINAMAYÒ	Río Quinamayó	6	Estación C.V.C Puente Vía a Timba	1,7	23,7	29	142	25,0	38,6	6	0,07	0,5	0,05	23500	5800		
QUINAMAYÒ	Zanjón Japio	7	Zanjón Japiopunte vía al CIAT	9,9	<15	20,0	228	21,4	87,8	15	0,01	0,62	0,31	5436	220000		
QUINAMAYÒ	Río Quinamayó	8	Río Quinamayó después de Japio	2,2	49,9	30,7	156	23,1	45,6	7	0,09	0,39	0,07	217000	8000		
QUINAMAYÒ	Quebrada Agua Sucia	9	Quebrada Agua Sucia antes de Santander	<0,9	23,9	<5	52	7	32,2	5	<0,01	0,43	0,02	18400	200		
QUINAMAYÒ	Quebrada Agua Sucia	10	Desembocadura Rio Quinamayó	1,6	77,6	8	88	11,3	45,9	7	0,05	0,72	0,03	29800	7900		
QUINAMAYÒ	Quebrada Agua Sucia	11	Puente Variante Santander	4,7	51,7	6	74	7,1	46,2	9	0,27	0,67	0,09	312000	23000		
QUINAMAYÒ	Río Quinamayó	12	Desembocadura a Río Cauca	3,4	24,4	52,9	184	29	45	7	0,17	0,41	0,07	132000	12000		

CUENCA	SUBCUENCA	CORRIENTE	N°	PUNTO	PARÁMETRO DE LABORATORIO												
					DBO mg/L	DQO mg/L	SST mg/L	COLOR UPC	TURBIDIDAD UNT	DUREZA mgCaCO3/L	ALCALINIDAD mgCaCO3/L	NITRITOS mg NO2-N/L	NITRATOS mg NO3-N/L	ORTOFOSFATO S mg PO4-P/L	TOTALES NMP/100ml	FECAL NMP/100ml	MERCURIO Ug/l
					RIO PALO	Rio Palo	13	Bocatoma corregimiento El Palo	<0,9	<15	<15	40	4,0	62,2	12	0,01	0,43
RIO PALO	Rio Palo	14	Antes PTAR Guachené	<0,9	<15	26,2	59	9,0	67,7	11	0,01	0,46	0,04	3900	10		
RIO PALO	Rio Palo	15	Después de PTAR Guachené	<0,9	<15	14,4	52	4,6	65,4	12	0,01	0,42	0,05	600	100		
RIO PALO	Río Palo	16	Puente del Maíz	<0,9	<15	12,3	51	5,6	69,0	13	0,02	0,56	0,04	500	100		
RIO PALO	Río Palo	17	Puente PICC	2,3	<15	154	337	69,1	83,4	19	0,05	0,55	0,23	7000	1000		
RIO PALO	Rio Palo	18	Puente Perico Negro	5,1	15,9	102	372	58,6	82,7	19	0,07	0,62	0,23	584000	15000		
RIO PALO	Río Palo	19	Puente Puerto Tejada	5,8	70,4	1265	2710	898	83,4	9	0,11	0,60	0,43	87000	2000		
RIO PALO	Rio La Paila	20	Antes de Puerto Tejada	5,5	<15	665	855	244	80,5	13	0,05	0,78	0,21	21000	1000		
RIO PALO	Rio La Paila	21	Desembocadura a R. Palo	4,6	32,5	1062,0	2265	593	73,8	12	0,12	0,65	0,48	22000	1000		
RIO PALO	Rio Palo	22	Desembocadura a Cauca	5,6	<15	170	268	39,7	84,3	15	0,06	0,7	0,16	31000	1000		

CUENCA	SUBCUENCA	CORRIENTE	N°	PUNTO	PARÁMETRO DE LABORATORIO												
					DBO mg/L	DQO mg/L	SST mg/L	COLOR UPC	TURBIDIDAD UNT	DUREZA mgCaCO3/L	ALCALINIDAD mgCaCO3/L	NITRITOS mg NO2-N/L	NITRATOS mg NO3-N/L	ORTOFOSFATO S mg PO4-P/L	TOTALES NMP/100ml	FECALIS NMP/100ml	MERCURIO Ug/l
					QUEBRADA	Quebrada La Quebrada	23	Puente Crucero de Gualí	2,3	<15	12,5	58	9,0	60,3	10	0,06	0,77
QUEBRADA	Quebrada La Quebrada	24	Puente Panamericana antes de peaje	<0,9	<15	16,3	197	22,8	78,2	12	0,1	0,81	0,1	9000	100		
TABLA	Quebrada La Tabla	25	Antes de Parque sur (H. Comunidad)	5,6	<15	40,0	435	47,8	79,2	9	0,06	0,75	0,09	37000	2000		
TABLA	Quebrada La Tabla	26	Después de la Y Entrada a Parque Sur	7,9	<15	53,0	580	54	91,5	11	0,07	0,89	0,11	22000	1000		
ZANJÓN OSCURO	Zanjón Oscuro	27	Corregimiento de Santa Ana	4,4	<15	162	685	104,0	75	10	0,04	1,26	0,14	140000	10000		
ZANJÓN OSCURO	Zanjón Oscuro	28	Puente vía Puerto Tejada - Candelaria Despues de Incauca)	112	195	330,0	2025	273	125	19	0,09	3,97	1,07	29,036	4,36		
ZANJÓN OSCURO	Zanjón Oscuro	29	Desembocadura	96,0	168	394	2440	419	81,4	14	0,09	4,4	0,71	15000	1000		
MOLINO	Rio Ejido	30	Antes de Barrio Avelino Ull	<0,9	<15	8,7	15	2,7	23,7	34	<0,01	0,84	0,02	30300	1000		
MOLINO	Rio Ejido	31	Barrio Junín Antes de R. Molino	71,7	120	60,8	300	16	46,6	134	0,03	1,21	1,80	2536	150000		

CUENCA	SUBCUENCA	CORRIENTE	N°	PUNTO	PARÁMETRO DE LABORATORIO																					
					DBO mg/L	DQO mg/L	SST mg/L	COLOR UPC	TURBIDIDAD	UNT	DUREZA	mgCaCO3/L	ALCALINIDAD	mgCaCO3/L	NITRITOS mg	NO2-N/L	NITRATOS mg	NO3-N/L	ORTOFOSFATO	S mg PO4-P/L	TOTALES	NMP/100ml	FECALAS	NMP/100ml	MERCURIO	Ug/l
	MOLINO	Rio Molino	32	Antes de Pueblillo	<0,9	<15	13,9	21	3,3	23,8	25	<0,01	0,84	<0,01	700	10										
	MOLINO	Rio Molino	33	Puente Edificio Negret	7,2	<15	7,6	16	1,7	23,8	23	0,36	2,24	0,07	5800	500										
	MOLINO	Rio Molino	34	Antes de R. Ejido	21,3	68,9	17,5	115	2,1	37,6	79	0,01	0,87	0,75	235.000	31000										
	MOLINO	Río Molino	35	Después de Ejido	44,8	74,2	62	225	8,4	53,6	107	0,03	0,14	1,42	2336	120000										
	CAUCA	Rio Cauca	36	Antes de Vinagre-Bocatoma Florida II	<0,9	<15	8,5	83	2,6	41,4	23	<0,01	0,9	0,03	3100	200										
	VINAGRE	Rio Vinagre	37	Sector de Puracé	<0,9	<15	7,9	13	0,9	774	<0,5	0,46	2,18	1,31	500	0										
	VINAGRE	Rio Vinagre	38	Desembocadura Río Vinagre a Cauca (San Francisco)	<0,9	<15	<5	18	1,2	217	<0,5	0,09	1,61	0,19	4700	100										
	PIEDRAS	Rio Piedras	39	Antes de Piscifactoria El Diviso	<0,9	<15	11,4	12	1,2	24,8	33	<0,01	0,74	0,02	2200	100										
	PIEDRAS	Rio Piedras	40	Puente vía a Quintana	<0,9	<15	6,4	14	0,7	38,6	35	<0,01	1,13	0,13	5800	100										

CUENCA	SUBCUENCA	CORRIENTE	N°	PUNTO	PARÁMETRO DE LABORATORIO																					
					DBO mg/L	DQO mg/L	SST mg/L	COLOR UPC	TURBIDIDAD	UNT	DUREZA	mgCaCO3/L	ALCALINIDAD	mgCaCO3/L	NITRITOS mg	NO2-N/L	NITRATOS mg	NO3-N/L	ORTOFOSFATO	S mg PO4-P/L	TOTALES	NMP/100ml	FECAL	NMP/100ml	MERCURIO	Ug/l
	PIEDRAS	Rio Piedras	41	Despues de pisofactoria El Diviso	<0,9	<15	14,4	17	1,1	26,9	30,0	<0,01	2,52	0,2	14000	300										
	CAUCA	Rio Cauca	42	Puente Metálico Vivero	<0,9	<15	19,0	6	7,1	69,0	<0,5	<0,01	0,42	0,09	2100	200										
	CAUCA	Rio Cauca	43	Estación Julumito	<0,9	<15	36,5	15	12,6	63,8	1,0	<0,01	0,84	0,25	89000	3000										
	OVEJAS	Rio Ovejas	44	Puente Panamericana	<0,9	<15	5,9	26	1,9	26,9	27	<0,01	0,98	<0,01	1400	10										
	OVEJAS	Rio Ovejas	45	Desembocadura	<0,9	<15	5,5	34	1,8	38,6	29	0,01	1,52	<0,01	900	10										
	CAUCA	Rio Cauca	46	Puente Metálico, Barrio Comuneros (Suárez)	<0,9	<15	<5	28	1,9	26,2	14	<0,01	1,33	<0,01	1500	10										
	CAUCA	Rio Cauca	47	Puente La Balsa (Vía Timba)	<0,9	<15	11,5	32	2,8	26,9	15	<0,01	0,74	<0,01	1500	10										
	CAUCA	Rio Cauca	48	Puente Valencia (Puerto Tejada)	<0,9	<15	17,5	30	4,6	27,4	16	<0,01	0,33	<0,01	20300	100										
	CAUCA	Rio Cauca	49	Puente Hormiguero	<0,9	<15	80,0	70	21,2	34,1	19	<0,01	1,04	<0,01	600	100										

CUENCA	SUBCUENCA	CORRIENTE	N°	PUNTO	PARÁMETRO DE LABORATORIO																					
					DBO mg/L	DQO mg/L	SST mg/L	COLOR UPC	TURBIDIDAD	UNIDAD	DUREZA	mgCaCO3/L	ALCALINIDAD	mgCaCO3/L	NITRITOS mg	NO2-N/L	NITRATOS mg	NO3-N/L	ORTOFOSFATO	S mg PO4-P/L	TOTALES	NMP/100ml	FECALES	NMP/100ml	MERCURIO	Ug/l
	PALACE	Rio Palacé	50	Puente Panamericana	5,5	<15	<5	85	2,8	6	27,4	<0,01	0,73	0,02	3800	200										
	PIENDAMO	Quebrada Ñimbe	51	Antes de rio Piendamó	<0,9	27,1	68,5	92	8,8	8,6	7,1	<0,01	0,71	0,06	2500	100										
	PIENDAMO	Rio Piendamó	52	Después de Quebrada Ñimbe(antes criadero trucha	<0,9	46,3	80,0	93	6,9	11,2	10,0	<0,01	0,84	0,03	4000	100										
	PIENDAMO	Rio Piendamó	53	Después de Silvia	4,6	<15	8,2	61	1,9	23,4	5,0	0,02	0,81	0,02	22500	300										
	PIENDAMO	Rio Piendamó	54	Puente Panamericana	5,6	<15	3,5	57	1,2	26,8	5,0	0,02	0,66	0,02	33100	4700										
	TETA	RIO TETA	55	Sector Higuerrillos, antes de minería de filón	<0,9	17,4	70,7	224	39,2	7,4	2	0,03	0,32	0,07	32500	100	<0,35									
	TETA	RIO TETA	56	Sector Santa Catalina, después de minería de filón	<0,9	26,3	329	428	108	20,2	3	0,04	0,44	0,18	10000	1000	<0,35									
	TETA	RIO TETA	57	Sector Lomitas Bajas, desembocadura al Cauca	1,2	22	167	736	126	19,8	2	0,08	0,56	0,23	420000	4000	<0,35									

CUENCA	SUBCUENCA	CORRIENTE	N°	PUNTO	PARÁMETRO DE LABORATORIO																					
					DBO mg/L	DQO mg/L	SST mg/L	COLOR UPC	TURBIDIDAD	UNT	DUREZA	mgCaCO3/L	ALCALINIDAD	mgCaCO3/L	NITRITOS mg	NO2-N/L	NITRATOS mg	NO3-N/L	ORTOFOSFATO	S mg PO4-P/L	TOTALES	NMP/100ml	FECALAS	NMP/100ml	MERCURIO	Ug/l
					BLANCO	Río Cofre	58	Antes de Totoró	<0,9	<15	5,0	42	2,2	25,0	5,0	<0,01	0,31	<0,01	4400	100						
BLANCO	Río Cofre	59	Después de vertimientos (PTARs) Totoro	2,4	<15	17,6	29	1,6	39,2	70	0,01	0,29	0,05	25800	4100											
BLANCO	Río Cofre	60	Desembocadura a Palace	<0,9	<15	8,0	22	2,0	28,2	6,0	<0,01	0,35	0,04	1100	10											
PALACE	Río Blanco	61	Antes de Penitenciaría San Isidro (antes de Q.lame)	<0,9	<15	9,3	22	2,2	16,8	4,0	<0,01	0,26	0,03	11200	500											
PALACE	Río Blanco	62	Puente Panamericana	1,5	<15	10,2	35	3,3	16,3	5	0,02	0,38	0,06	4600	100											
TIMBA	Río Timba	63	Sector la Arabia	<0,9	<15	55	117	27,9	24	4	0,02	0,3	0,06	18000	4000	<0,35										
TIMBA	Río Timba	64	Sector el Palmar	<0,9	<15	64	158	33,5	30,1	5	0,02	0,36	0,07	32000	1000	0,7										
TIMBA	Río Timba	65	Desembocadura La Berta	<0,9	<15	96,9	276	52,3	31,7	4	0,06	0,77	0,1	27000	2000	<0,35										

CUENCA	SUBCUENCA	CORRIENTE	N°	PUNTO	PARÁMETRO DE LABORATORIO																					
					DBO mg/L	DQO mg/L	SST mg/L	COLOR UPC	TURBIDIDAD	UNT	DUREZA	mgCaCO3/L	ALCALINIDAD	mgCaCO3/L	NITRITOS mg	NO2-N/L	NITRATOS mg	NO3-N/L	ORTOFOSFATO	S mg PO4-P/L	TOTALES	NMP/100ml	FECALES	NMP/100ml	MERCURIO	Ug/l
PATIA	TIMBIO	Rio Timbío	66	Antes de Timbío	<0,9	<15	52,5	160	29,9	12	3	0,02	0,41	0,03	9800	100										
	TIMBIO	Rio Timbío	67	Puente. Panamericana	<0,9	<15	90,2	145	30,8	16	3	0,02	0,5	0,03	69000	3000										
	TIMBIO	Rio Timbío	68	Después de Timbío	<0,9	20,7	88	142	23,5	16,2	3	0,02	0,62	0,03	10400	200										
	QUILCACÈ	Rio Quilcacé -	69	Puente. Panamericana	<0,9	31,9	33,7	146	11,9	44,1	5	<0,01	0,48	0,03	8100	10										
	QUILCACÈ	Rio Esmita	70	Puente. Panamericana	<0,9	17,1	85	232	62,3	92	12	0,04	0,74	0,08	19000	1500										
	GUACHICONO	Rio Guachicono	71	Puente Fierro	<0,9	20,8	101	271	52	36,1	6	0,04	0,66	0,07	483000	1000										
	GUACHICONO	Rio Guachicono	72	Puente vía a Sucre	<0,9	<15	458	960	267	44,2	6	0,04	0,7	0,16	54000	1000										
	PATIA	Rio Patía	73	Puente Vía a Olaya	<0,9	28,6	381	776	210,0	36	6	0,04	0,46	0,16	627000	2000										
	PATIA	Rio Patía	74	Puente La Barca, Vía a Balboa	<0,9	<15	612	1264	406	44,3	6	0,04	0,54	0,23	39000	1000										

CUENCA	SUBCUENCA	CORRIENTE	N°	PUNTO	PARÁMETRO DE LABORATORIO												
					DBO mg/L	DQO mg/L	SST mg/L	COLOR UPC	TURBIDIDAD UNT	DUREZA mgCaCO3/L	ALCALINIDAD mgCaCO3/L	NITRITOS mg NO2-N/L	NITRATOS mg NO3-N/L	ORTOFOSFATO S mg PO4-P/L	TOTALES NMP/100ml	FECAL NMP/100ml	MERCURIO Ug/l
	PATIA	Rio Patía	75	Unión Río San Jorge con Río Guachicón	<0,9	16,9	550	1040	344	12,4	7	0,04	0,7	0,25	33000	1000	

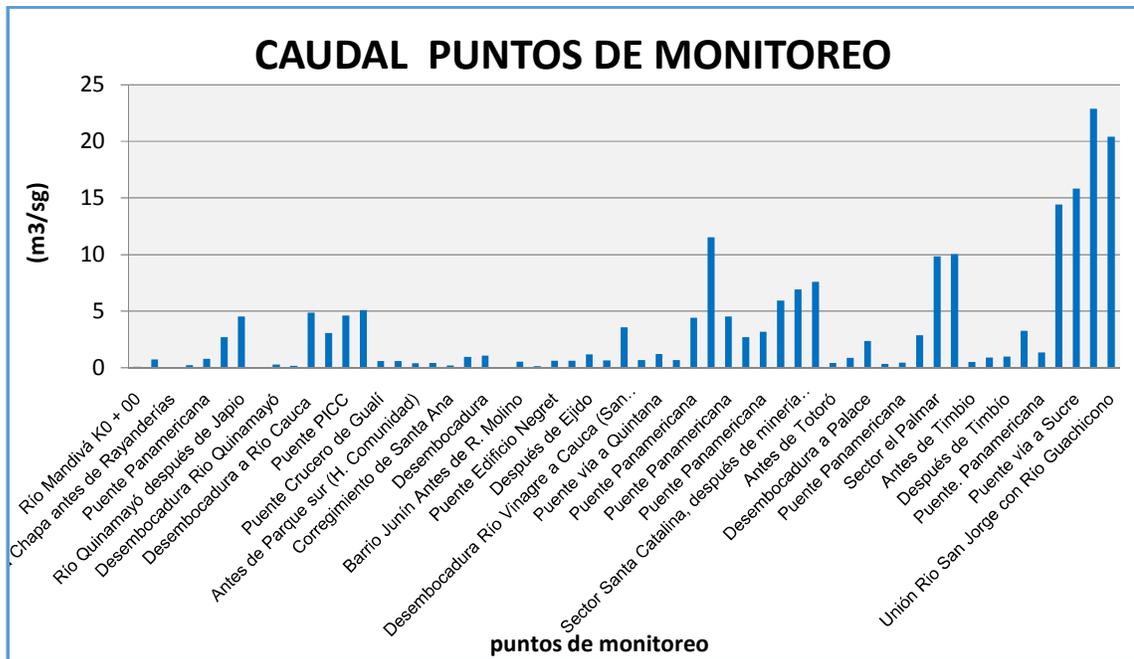
4.3. Estado de los vertimientos

En la tercera jornada de monitoreo del presente año, se logra aforar un total de 57 puntos de monitoreo, siendo así el Río Patía en el punto denominado (Puente La Barca, Vía a Balboa) uno de los que mayor caudal alto presenta, con un valor de 22,85 m³/sg, seguido del punto de monitoreo, Unión Río San Jorge con Río Guachicono con un caudal de 20,39 m³/sg, para los puntos los cuales presentan un menor caudal se encuentran en el punto ,Quebrada la Chapa antes de Rayanderías con un caudal de 0,023 m³/sg seguido de la Quebrada la chapa con un caudal de 0,24 m³/sg.

En la gráfica 1, se puede observar los caudales puntuales de las fuentes hídricas monitoreadas, no obstante, es importante aclarar que, para la medición de caudales superiores, es necesario mejorar las condiciones de seguridad del personal de campo, así como también los equipos requeridos para una mayor eficiencia y recolección de información en situ en los diferentes puntos de monitoreo que se encuentran establecidos.

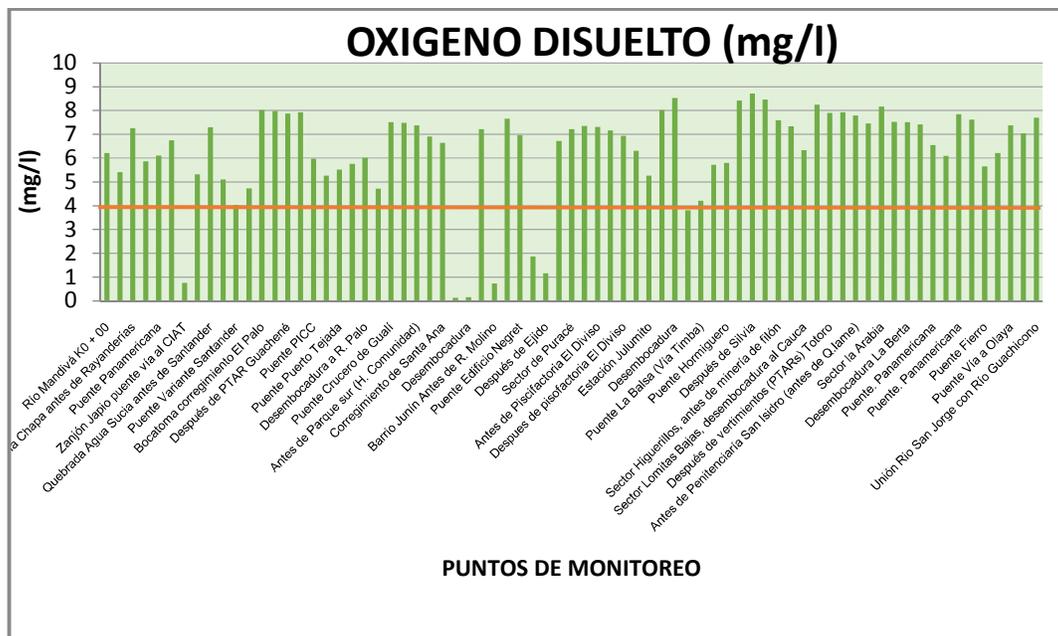
Fotografía 4. PTAR sin funcionamiento. Municipio de Suárez.





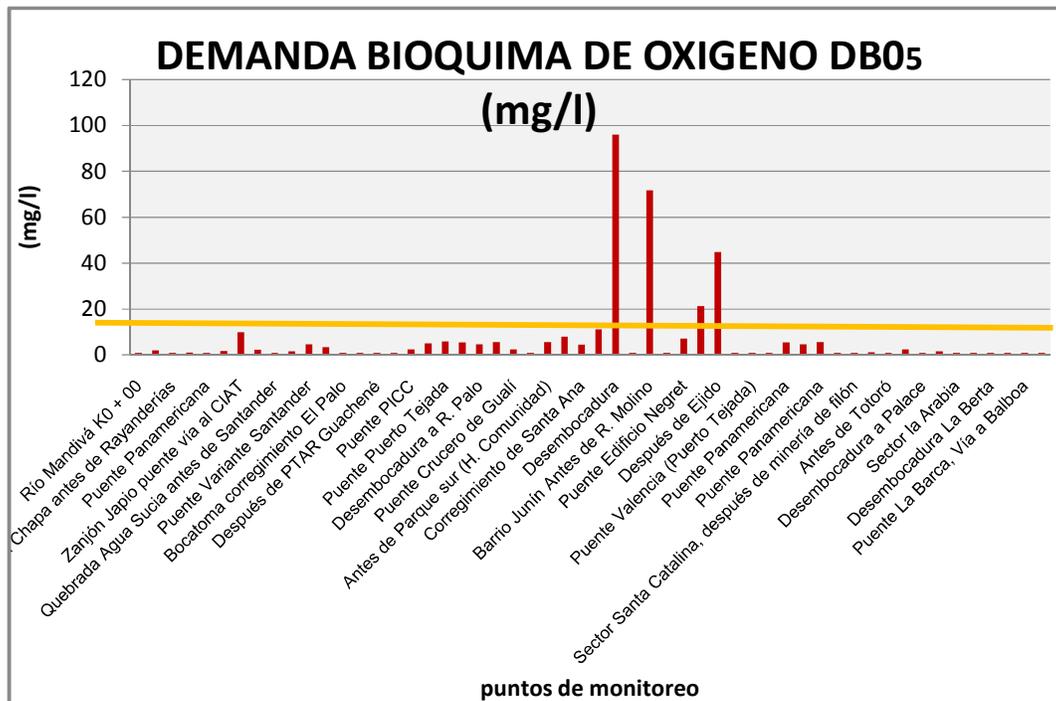
Gráfica 1. Caudales de las fuentes hídricas monitoreadas

En la gráfica 2, se presenta las fuentes que están por debajo del nivel de sostenimiento de la biota acuática (4 mg/L de Oxígeno Disuelto) encontrándose en mal estado y sin presencia de vida acuática, los puntos como, Puente vía Puerto Tejada Candelaria Después de In-cauca con 0,12 mg/L, seguido del punto denominado Desembocadura en la corriente zanjón oscuro, con una concentración de 0,16 mg/L y Zanjón Japio puente vía al CIAT con un dato de 0,75 mg/L. Los puntos denominados antes de Río Ejido con una concentración de 1,87 mg/L y después de Río Ejido con un valor de 1,15 mg/L, se puede concluir que estas fuentes hídricas, son las más deterioradas para la flora y fauna, a comparación con los puntos de monitoreo restantes los cuales sus concentraciones de Oxígeno Disuelto varían entre (4,03 mg/L, y 8,72 mg/L).



Gráfica 2. Oxígeno Disuelto de las fuentes hídricas monitoreadas.

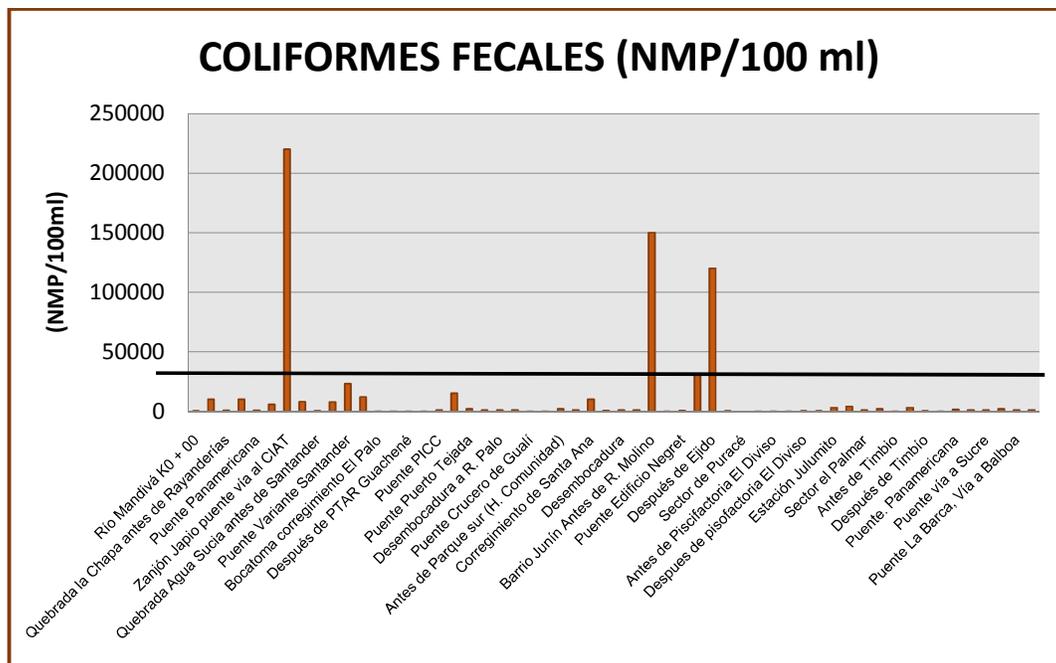
Para la gráfica 3, se presenta las fuentes con concentraciones de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) las más altas y en estado de alto contaminación con valores superiores a 15 mg/L. Destacando el punto de monitoreo en la corriente Zanjó Oscuro en la Desembocadura con una concentración de 96,0 mg/L resultado sumamente alto, siendo así la fuente hídrica más deteriorada por contaminación orgánica, esto seguido del punto denominado Barrio Junín Antes de Río Molino con una concentración de 71,7 mg/L seguido del punto después del Río Ejido con un valor de 44,48 mg/L y finalmente el punto antes de Río Ejido con una concentración de 21,3 mg/L entre los otros puntos de monitoreo se encuentran valores comprendidos entre (09 mg/L y 9,9 mg/L).



Gráfica 3. Demanda Bioquímica de Oxígeno de las fuentes hídricas monitoreadas.

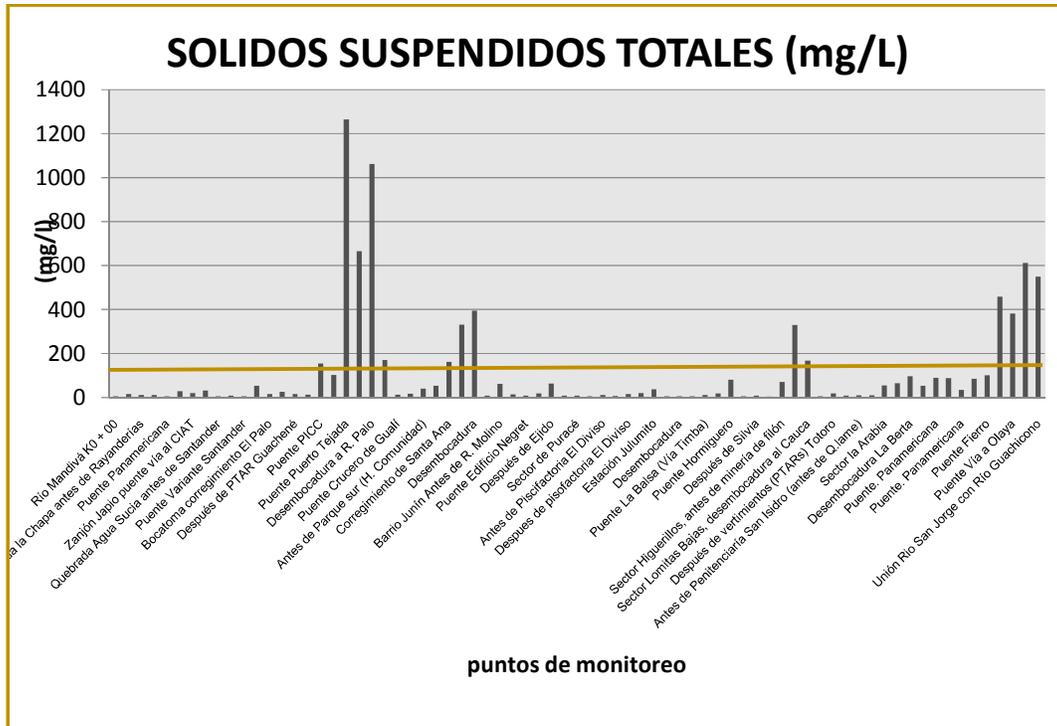
En La gráfica 4 se presenta las fuentes hídricas, con el menor riesgo biológico por Coliformes fecales, cuyas concentraciones de calidad admisibles para fines recreativos mediante contacto primario, son valores inferiores a 200 NMP/100 ml, las corrientes destacadas que se encuentran en este rango son: Río Palo Bocatoma corregimiento El Palo, Antes PTAR Guachené, Después de PTAR Guachené, Quebrada La Quebrada ,Puente Crucero de Gualí, Puente Panamericana antes de peaje, Río Molino, Antes de Pueblillo, Río Vinagre, Desembocadura Río Vinagre a Cauca San Francisco, Río Cauca, Puente Metálico, Barrio Comuneros Suárez, Puente Hormiguero, Río Cofre, Antes de Totoró, Desembocadura a Palace.

Las fuentes hídricas monitoreadas faltantes, no cumplen para fines recreativos presentando mayor afectación el Zanjón Japio puente vía al CIAT, con un valor de 220,000 NMP/100 ml, siguiendo el punto del Barrio Junín Antes de R. Molino y Después del Río Ejido con un valor de 150,000 y 120,000 NMP/100 ml.



Gráfica 4. Coliformes fecales de las fuentes hídricas monitoreadas.

En la gráfica 5 se presentan las concentraciones de sólidos suspendidos totales (SST) en las fuentes hídricas monitoreadas, destacando las corrientes con altas concentraciones o superiores a 100 mg/L, como son: Río Palo Puente Puerto Tejada 1265 mg/L , Río La Paila Desembocadura a Río Palo 1062 mg/L Antes de Puerto Tejada con una concentración de 665 mg/L Río Patía Puente La Barca, Vía a Balboa con un valor de 612 mg/L seguido del punto Unión Río San Jorge con Río Guachicono con 550 mg/L, Zanjón Oscuro Desembocadura con 394 mg/L , punto el Puente vía Puerto Tejada Candelaria Después de Incauca con un valor de 330 mg/L, Río Teta Sector Santa Catalina, después de minería de filón con el dato de 329 mg/L, Río Palo Desembocadura a Cauca 170 mg/L, finalmente Puente PICC 154 mg/L.



Gráfica 5. Sólidos Suspendedos Totales de las fuentes hídricas monitoreadas

4.3.1 Tratamiento que se da al recurso hídrico en los vertimientos

Para llevar a cabo y dar cumplimiento a los objetivos propuestos inicialmente, en la determinación de caudales y monitoreo de fuentes, es necesario considerar la necesidad de los siguientes insumos de materiales, adicionales a la logística para personal, viáticos, equipos y herramientas disponibles a la fecha en CRC.

Tabla 22. Elementos y materiales requeridos para los monitoreos

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Cartografía actualizada por corriente hídrica (Física y digital)	25
Arnés de seguridad	2
Traje estilo fontanero que llegué hasta el cuello	2
Cuerda o manila gruesa (>100 m)	2
Decámetro y cinta métrica	2
Bote inflable o canoa	2
Varillas	8
Machete	2
Pala (cabo pequeño)	2
Barra de Hierro	2
Baldes	4
Guantes de protección largos	8
Botas de caucho	4
Mascarilla con filtro	4
Gafas de seguridad	4
molinete sencillo	1
Flujómetro sónico para ríos Caudalosos	1
Sonda multiparamétrica (pH, Oxígeno, Temperatura y Conductividad)	2
Malacate	1
Multiparámetro	1
Brújula	2
Cronometro	1
Profundímetro	1
Kit de reactivos para medir Nitrógeno Total	6
Kit de reactivos para medir Fósforo Total	6

5 CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Según el cálculo de las variables contaminantes establecidas por el IDEAM, de entre las siete territoriales evaluadas, las corrientes más contaminadas son: Ríos Molino, Ejido, Timbío y Quebrada Agua Sucia (Contaminación doméstica-vertimientos directos), Zanjón Oscuro (Contaminación Industrial y doméstica), Quebrada La Chapa (Contaminación por rayanderías de Yuca y porcícolas), Río Palo (Contaminación Industrial y también doméstica).
- De acuerdo a los resultados de los análisis realizados por el laboratorio ambiental de la CRC, se concluyó que la contaminación doméstica directa que se encuentra en los ríos anteriormente mencionados se debe a la falta de sistemas de tratamiento que no cumplen con los parámetros establecidos para cargas contaminantes antes de ser descargadas a las fuentes receptoras.
- A partir de los resultados del Laboratorio Ambiental de la Corporación, y teniendo en cuenta el Índice de Calidad del Agua (ICA) se concluye, a partir de los resultados de las corrientes más contaminadas, que las territoriales con mayor afectación son: Centro y Norte.
- Se logró identificar setenta y cinco (75) puntos de muestreo para un monitoreo de un número mayor de fuentes hídricas y la caracterización de las mismas, obteniendo así un diagnóstico mucho mayor del estado del recurso hídrico en el departamento del Cauca. Treinta (30) más que en el año 2016.
- Resulta obvio, al observar el mapa de los puntos monitoreados, que existe una falta de seguimiento y monitoreo en zonas fuera de la influencia de la vía Panamericana; en consecuencia, hay

desconocimiento de usuarios del recurso hídrico que aún no están registrados o siquiera identificados.

RECOMENDACIONES

- Se requiere que se dé estricto cumplimiento a lo estipulado en los PSMVs de los municipios, donde en forma general se establece el saneamiento de los vertimientos directos, para lo cual se requiere de una PTAR.
- En el caso particular de la Quebrada La Chapa, cuyo problema es de rayandería de yuca, convendría realizar análisis específicos de los residuos orgánicos que resultan de este proceso para disponer de ellos de forma provechosa.
- Convendría capacitar mejor a las comunidades sobre el tratamiento apropiado y disposición final de las aguas residuales; el conocimiento sobre estas y los problemas que acarrea su incorrecto procesamiento y eliminación permitirán a la gente exigir un mejor servicio y sistemas de tratamiento.
- Debe ser una prioridad para la CRC hacer un seguimiento más estricto y aplicar los correctivos legales establecidos en casos como los de los ríos El Palo y El Zanjón. Las industrias aledañas a estos ríos, a pesar de contar con plantas de tratamiento, evidencian que estas instalaciones y/o su funcionalidad no son efectivas, prueba de ello son los resultados de laboratorio.
- En forma general la CRC debe de ser más cuidadosa e inflexible en el momento de emitir los conceptos técnicos para otorgar permisos de vertimientos, cumpliendo con la normatividad ambiental vigente y yendo un poco más allá de la norma donde se requiera; siendo más estricta en

los límites permisibles a la hora de descargar en una fuente superficial o el suelo.

- Sería apropiado, en las zonas de inundación y aledañas a las fuentes hídricas, establecer a lo largo de su cauce barreras vivas de plantas que filtren y minimicen toda la contaminación que llega a los ríos por escorrentía. Para este método sería útil la utilización de plantas como el papiro de carrizo, las diferentes variedades de bambú, heliconias, nacedero.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] I. González, “Generación, caracterización Y tratamiento de lodos de EDAR,” Universidad de Córdoba, 2015.
- [2] P. Lozada *et al.*, “Influencia del material de enmienda en el compostaje de lodos de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales - PTAR,” *Ing. e Investig.*, vol. 25, no. 2, pp. 54–61, 2005.
- [3] P. Torres, A. Pérez, J. C. Escobar, I. E. Uribe, and R. Imery, “Compostaje de biosólidos de plantas de tratamiento de aguas residuales,” *Eng. Agrícola*, vol. 27, pp. 267–275, 2007.
- [4] J. Galvis and X. Guerrero, “Caracterización fisicoquímica y microbiológica de los lodos presentes en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales (PTARi) de la empresa Jugos Hit de la ciudad de Pereira,” 2013.
- [5] J. Vélez, “Los biosólidos : ¿Una solución o un problema?,” *Prod. Más Limpia*, vol. 2, 2007.
- [6] C. García, M. García, and M. Vaca, “Encapsulamiento de lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales de la industria automotriz en matrices de arcilla,” *Tecnura*, vol. 17, no. 38, pp. 26–36, 2013.
- [7] R. Donado, “Plan de gestión para los lodos generados en las PTAR-D de los municipios de Cumaral y San Martín de los Llanos en el Departamento del Meta,” Pontificia Universidad Javeriana, 2013.
- [8] G. Dáguer, “Gestión de biosólidos en Colombia,” Bogotá, D.C.
- [9] A. de Popayán, “Municipio trabaja para la construcción de la PTAR,” 2015. [Online]. Available: <http://popayan.gov.co/ciudadanos/sala-de-prensa/noticias/Municipio-trabaja-para-la-construcci%25C3%25B3n-de-la-Ptar>.
- [10] Acueducto y Alcantarillado de Popayan, “PTAR Popayán, un proyecto de ciudad,” 2016. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=spYV77fu9GQ&feature=youtu.be>.

- [11] Y. Avendaño and J. Martínez, “Recuperación de lodos de las lagunas de oxidación provenientes del proceso de extracción de aceite de palma, para usar como abono en cultivos de palma africana.” Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), 2015.
- [12] A. Díaz, E. Veliz, and M. Bataller, “Tratamiento de lodos , generalidades y aplicaciones,” *Rev. CENIC*, vol. 46, no. 15202, pp. 1–10, 2015.
- [13] E. C. Zapata, “UNIVERSIDAD DE PIURA Enrique Chunga Zapata,” 2014.
- [14] R. Rojas, R. Leopoldo, and G. Espinosa, “Utilización de biosólidos para la recuperación energética en México,” *Prod. + Limpia*, vol. 7, no. 2, pp. 74–94, 2012.
- [15] A. Quinchía, M. Valencia, and J. Giraldo, “Uso de lodos provenientes de la industria papelera en la elaboración de paneles prefabricados para la construcción,” *Rev. EIA*, vol. 8, pp. 9–19, 2007.
- [16] A. Noyola, J. Morgan, and L. Guereca, *Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales Municipales*. México, 2013.
- [17] D. U. R. Ango *et al.*, *Issn: 2007-3127*, vol. 6. 2014.
- [18] P. Torres, C. Madera, and G. Martínez, “Estabilización alcalina de biosólidos compostados de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas para aprovechamiento agrícola,” *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*, vol. 61, no. 1, pp. 4432–4444, 2008.
- [19] R. Rebeca and L. Mendoza, “Biosólidos como fuente de materia prima : El caso de la ciudad de Ensenada, Baja California.” *Hacia la sustentabilidad Los residuos sólidos como fuente energía y Mater. prima*, pp. 343–349, 2011.
- [20] D. Rosa and D. R. de Paula, “Disposição de lodo de esgoto no solo: Estudo de viabilidade use of sewage sludge in the agriculture: Workability study.” *BioEng*, vol. 3, no. 2, pp. 133–147, 2009.
- [21] O. Henríquez, “ANÁLISIS Y CRITERIOS MÍNIMOS PARA LA APLICACIÓN DE LODOS TRATADOS PROVENIENTES DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS EN AGROSISTEMAS DE LA

PROVINCIA DE MELIPILLA, REGIÓN METROPOLITANA, CHILE,”
Universidad de Chile, 2011.

- [22] K. C. Passarini, F. M. C. Gamarra, R. M. Vanalle, and J. C. C. Santana, “Reutilización de las aguas residuales en la irrigación de plantas y en la recuperación de los suelos,” *Inf. Tecnol.*, vol. 23, no. 1, pp. 57–64, 2012.
- [23] K. Márquez and P. Cristian, “Estudio de aprovechamiento de alternativas para el aprovechamiento de lodos secundarios de sistemas aerobios provenientes de PTAR’s jurisdicción de la CAR,” Universidad de la Salle, 2009.
- [24] E. Valencia, R. Aragón, and J. Romero, “Planta de tratamiento de aguas residuales de Nátaga en Cultivo de Cacao (*Theobroma cacao* L.),” vol. 15, no. 1, pp. 77–86, 2012.
- [25] M. Trejos and C. Agudelo, “Propuesta para el aprovechamiento de lodos de la planta de tratamiento de guas residuales de la empresa ‘Comestibles La Rosa’ como alternativa para la generación de biosólidos,” Universidad Tecnológica de Pereira, 2012.
- [26] C. García, M. García, and M. Vaca, “Resistencia mecánica de ladrillos preparados con mezclas de arcilla y lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales,” *Tecnura*, vol. 17, no. 38, pp. 68–81, 2013.
- [27] J. Limón, “Tratamiento de aguas residuales, ¿Problema o recurso?,” 2013.
- [28] R. Rojas and L. Mendoza, “Utilización de biosólidos para la recuperación energética en México,” *Prod. Más Limpia*, vol. 7, no. 2, pp. 74–94, 2012.
- [29] E. Torres, “Reutilización de aguas y lodos residuales.” [Online]. Available: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/lodos.pdf>.
- [30] Ministerio de Desarrollo Economico, “REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO,” Bogotá, 2000.
- [31] J. Lizarazo and M. Gutiérrez, “SISTEMAS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN COLOMBIA,” Universidad

Nacional, 2013.

- [32] Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, “Decreto 1287,” p. 4, 2014.
- [33] G. Tchobanoglous, “Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones,” Bogotá: NOMOS, 2004.
- [34] C. Orozco, A. Perez, G. María, R. Francisco, and A. Jose, *Contaminación Ambiental. Una visión desde la química*, Paraninfo. España, 2011.
- [35] M. Jimmy, “Caracterización de un lodo residual como biosólido para uso agrícola,” Universidad de Guayaquil, 2004.
- [36] Ministerio de Agricultura, *Decreto 1594*. Bogotá, 1984.
- [37] M. Ambiente Vivienda y Desarrollo, “Decreto 3930,” 2010.
- [38] M. de A. y D. Sostenible, *Resolución 0631*. Bogotá, 2015.
- [39] Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA), *Norma 40*. 2003.
- [40] M. Torres, “Formulación del plan de manejo ambiental para el sistema de tratamiento de aguas residuales de la Tercer División, Ejército Nacional de la ciudad de Popayán,” Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, 2016.
- [41] E. S. P. . Empresa de Servicios Públicos de Granada, “Descripción del sistema de tratamiento de aguas residuales urbanas del Municipio de Granada,” 2012.
- [42] I. Sánchez and T. Matsumoto, “Levantamiento batimétrico de la planta de tratamiento de aguas residuales de Neves Paulista,” *Cienc. e Ing. NEOGRANADINA*, vol. 24, no. 2, pp. 97–110, 2014.
- [43] T. Matsumoto and I. Sánchez, “MONITOREO DEL DESEMPEÑO Y ESTUDIO BATIMÉTRICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE NEVES PAULISTA (SAO PAULO, BRASIL).,” *Rev. EIA*, vol. 10, no. 20, pp. 139–151, 2013.
- [44] Corporación Autónoma Regional del Cauca, “Instructivo para toma de muestras,” 2016.
- [45] S. Builes, “Tratamiento y adecuada disposición de de lodos domésticos e

- industriales,” Universidad Tecnológica de Pereira, 2010.
- [46] C. Guzmán and C. Campos, “Indicadores de contaminación fecal en biosólidos aplicados en agricultura,” *Rev. la Fac. Ciencias - Univ. Sci.*, vol. 9, no. 1, pp. 59–67, 2004.
- [47] M. L. Valderrama, “Factibilidad de aprovechamiento de los lodos residuales de la PTAR del municipio de Chinavita (Boyacá),” Universidad de Manizales, 2013.
- [48] J. Varila and F. Díaz, “Tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados a escala laboratorio,” *Rev. Tecnol.*, vol. 7, no. 2, pp. 21–28, 2008.
- [49] M. Araque, “Evaluación de los Tratamientos Térmicos y Alcalino en la desinfección del lodo generado en la PTAR El Salitre,” Universidad de Los Andes, 2006.
- [50] F. M and M. A, “Comparison of extended aeration activated sludge process and activated sludge with lime addition method for biosolids stabilization,” *J. Biol. Sci.*, vol. 7, 2004.
- [51] M. Gustavo, “Validación de Uso de Lodos Generados en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Tipo UASB como Insumo en Recuperación de Suelos Agrícolas,” *Rev. ESA/CA*, vol. 1, pp. 18–23, 2015.
- [52] L. Andrea, “Manejo de biosólidos a raíz de la nueva Normatividad en la PTAR Río Frío, Bucaramanga (Santander),” Universidad Militar Nueva Granada, 2015.
- [53] M. Guardrón, “¿Colombia potencia hídrica?” Fuente SIAC. [Online] Available: <http://blogs.vanguardia.com/medio-ambiente/sin-categoria/1468-colombia-potencia-hidrica>

ANEXOS

Fotografía 5. Acompañamiento a los diferentes puntos de monitoreo



Fotografía 6. Apoyo, acompañamiento y seguimiento en la realización de los diferentes puntos de monitoreo



