

**Afectación ambiental de la calidad del agua del
caño Usivar generada por la planta de tratamiento
de agua residual del municipio de Yopal,
departamento de Casanare**

KAREN JOHANNA PINZÓN DE LA ROSA

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES, ECONÓMICAS Y
ADMINISTRATIVAS
MAESTRÍA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO
AMBIENTE
MANIZALES
2018**

**Afectación ambiental de la calidad del agua del
caño Usivar generada por la planta de tratamiento
de agua residual del municipio de Yopal,
departamento de Casanare**

**Proyecto para optar al título de Magister en
Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, del
estudiante:**

KAREN JOHANNA PINZÓN DE LA ROSA

**Director:
GLORIA MARÍA RESTREPO FRANCO Ph.D.**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES, ECONÓMICAS Y
ADMINISTRATIVAS
MAESTRÍA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO
AMBIENTE
MANIZALES
2018**

Acta de calificación

**Afectación ambiental de la calidad del agua del
caño Usivar generada por la planta de tratamiento
de agua residual del municipio de Yopal,
departamento de Casanare**

KAREN JOHANNA PINZÓN DE LA ROSA

**Tesis para optar el título de:
Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente**

Nota de aceptación Jurado:

Jurado 1

Jurado 2

Agradecimientos

Agradezco a Dios todopoderoso, por permitirme culminar esta meta, a mi mamá, a mi papá, a mis hermanos y demás familiares que hicieron parte de este recorrido, a quienes me han impulsado a cumplir con esta meta y que siempre han creído en mí durante estos años, a la directora de Corporinoquia, por permitirme acceder a la información para el desarrollo de este trabajo, a mis amigas y amigos que también estuvieron dándome una voz de aliento cuando más lo necesitaba.

Tabla de contenido

DLista de tablas.....	1
Lista de figuras.....	3
Resumen.....	6
Abstract.....	6
1. Planteamiento del problema.....	7
1.1. Pregunta de investigación.....	8
2. Justificación.....	9
3. Objetivos.....	10
3.1. Objetivo general.....	10
3.2. Objetivos específicos.....	10
4. Referente teórico y antecedentes.....	11
4.1. Antecedentes investigativos.....	11
4.1.1. Estudios relacionados con saneamiento básico.....	11
4.2. Descripción del área de estudio.....	11
4.2.1. Clima.....	14
4.2.2. Precipitación.....	14
4.2.3. Temperatura.....	15
4.2.4. Humedad Relativa.....	15
4.2.5. Brillo Solar.....	15
4.2.6. Vientos.....	15
4.2.7. Geología.....	15
4.2.8. Geomorfología.....	16
4.2.9. Vegetación.....	17
4.2.10. Fauna.....	17
4.2.11. Hidrología e hidráulica.....	17
4.3. Aguas residuales domésticas.....	18
4.3.1. Tratamiento de aguas residuales domésticas.....	18
4.4. Evaluación de Impacto Ambiental.....	19
4.5. Marco legal.....	20
4.6. Antecedentes autoridad ambiental.....	21
4.7. Plan de saneamiento y manejo de vertimientos del municipio de Yopal....	21
5. Materiales y métodos.....	23
5.1. Técnicas e instrumentos.....	23
5.2. Definición de la población y la muestra.....	23
5.2.1. Proyección de la población del municipio de Yopal.....	23
5.3. Identificación de los impactos ambientales sobre el caño Usivar.....	25
5.4. Analizar el nivel de impacto generado por la PTAR de Yopal.....	27
5.5. Evaluación del Impacto en la calidad del agua del caño Usivar.....	28
6. Resultados.....	29
6.1. Recorrido y reconocimiento PTAR.....	29
6.2. Toma de muestras PTAR, caño Usivar y río Charte.....	36
6.3. Caracterización del área de influencia directa.....	40
6.3.1. Primera visita de campo.....	42
6.3.2. Segunda visita de campo.....	60
7. Análisis y discusión de resultados.....	70
7.1. Análisis y resultados muestras de la PTAR y caño Usivar.....	70
7.1.1. Oxígeno disuelto.....	70

7.1.2. Demanda Bioquímica del Oxígeno DBO ₅	70
7.1.3. Sólidos Suspendidos Totales (SST)	70
7.1.4. Grasas y aceites	71
7.1.5. pH	71
7.1.6. Fenoles	71
7.1.7. Cloruros	71
7.2. Porcentajes de remoción de carga contaminante en los diferentes parámetros para analizar.....	72
7.2.1. D.B.O ₅	72
7.2.2. S.S.T.....	72
7.2.3. Grasas y aceites	72
7.3. Triangulación de información y análisis de resultados.....	73
7.3.1. Datos muestreo Agosto del año 2013 reporte CPQ-LAB-597.....	73
7.3.2. Datos muestreo Mayo del año 2014 reporte CPQ-LAB-691.	74
7.3.3. Datos muestreo Septiembre del año 2015 reporte CPQ-LAB-085.....	76
7.3.4. Datos muestreo Marzo del año 2016 reporte CPQ-LAB-009.	78
7.4. Análisis del área de influencia del caño Usivar por componente	83
7.4.1. Recurso hídrico	83
7.4.2. Recurso aire.....	86
7.4.3. Recurso suelo	87
7.4.4. Componente fauna.....	88
7.4.5. Componente flora.....	88
7.4.6. Paisaje	89
7.4.7. Ronda hídrica.....	89
7.4.8. Aspectos socio económicos y salud humana	90
7.5. Valoración de impactos ambientales.....	91
8. Conclusiones	95
9. Recomendaciones	97
10. Bibliografía	98

Lista de tablas

Tabla 1. Cuerpos hídricos de Yopal.....	13
Tabla 2. Cronograma actividades del PSMV	22
Tabla 3. Proyección metas de reducción de DBO ₅ y SST.	22
Tabla 4. Proyección de la Población.....	24
Tabla 5. Dotación Neta máxima por habitante municipio de Yopal.....	25
Tabla 6. Elemento de laboratorio a emplear para el muestreo	26
Tabla 7. Objetivos de Calidad para el rio Charte.	27
Tabla 8. Análisis Carga Orgánica Superficial - COS.....	35
Tabla 9. Análisis Tiempo De Retención Hidráulico (TRh)	35
Tabla 10. Cálculo caudal a la entrada del sistema de tratamiento.....	39
Tabla 11. Cálculo caudal a la salida del sistema de tratamiento	40
Tabla 12. Datos punto 1.....	42
Tabla 13. Datos punto 2.....	42
Tabla 14. Datos punto 3.....	43
Tabla 15. Datos punto 4.....	43
Tabla 16. Datos punto 5.....	44
Tabla 17. Datos punto 6.....	44
Tabla 18. Datos punto 7.....	45
Tabla 19. Datos punto 8.....	45
Tabla 20. Datos punto 9.....	46
Tabla 21. Datos punto 10.....	46
Tabla 22. Datos punto 11.....	47
Tabla 23. Datos punto 12.....	47
Tabla 24. Datos punto 13.....	48
Tabla 25. Datos punto 14.....	48
Tabla 26. Datos punto 15.....	49
Tabla 27. Datos punto 16.....	49
Tabla 28. Datos punto 17.....	50
Tabla 29. Datos punto 21.....	50
Tabla 30. Datos punto 23.....	51
Tabla 31. Datos punto 27.....	51
Tabla 32. Datos punto 31.....	52
Tabla 33. Datos punto 32.....	52
Tabla 34. Datos punto 34.....	53
Tabla 35. Datos punto 36.....	53
Tabla 36. Datos punto 38.....	54
Tabla 37. Datos punto 41.....	54
Tabla 38. Datos punto 43.....	55
Tabla 39. Datos punto 47.....	55
Tabla 40. Datos punto 52.....	56
Tabla 41. Datos punto 55.....	56
Tabla 42. Datos punto 57.....	57
Tabla 43. Datos punto 58.....	57
Tabla 44. Datos punto 59.....	58

Tabla 45. Datos punto 61.....	58
Tabla 46. Datos punto 65.....	59
Tabla 47. Datos punto 66.....	59
Tabla 48. Datos punto 73.....	60
Tabla 49. Datos punto 2.....	60
Tabla 50. Datos punto 3.....	61
Tabla 51. Datos punto 4.....	62
Tabla 52. Datos punto 5.....	62
Tabla 53. Datos punto 6.....	63
Tabla 54. Datos punto 7.....	63
Tabla 55. Datos punto 8.....	63
Tabla 56. Datos punto 9.....	64
Tabla 57. Datos punto 10.....	64
Tabla 58. Datos punto 11.....	65
Tabla 59. Datos punto 13.....	65
Tabla 60. Datos punto 14.....	66
Tabla 61. Puntos levantados en la primera visita.	66
Tabla 62. Puntos levantados en la segunda visita.	68
Tabla 63. Convenciones.	68
Tabla 64. Caracterización de puntos visitados.	69
Tabla 65. Identificación de los puntos de muestreo PTAR Yopal 2013.	73
Tabla 66. Resultados para el muestreo realizado en la PTAR de Yopal en el mes de agosto del año 2013	73
Tabla 67. Eficiencias reportadas para el año 2013.....	74
Tabla 68. Identificación de los puntos de muestreo PTAR Yopal 2014.	75
Tabla 69. Resultados para el muestreo realizado en la PTAR de Yopal - mayo del año 2014.....	75
Tabla 70. Eficiencias reportadas para el año 2014.....	76
Tabla 71. Identificación de los puntos de muestreo PTAR Yopal, septiembre de 2015.	76
Tabla 72. Resultados para el muestreo realizado en la PTAR de Yopal en el mes de Septiembre del año 2015.....	76
Tabla 73. Eficiencias reportadas para el año 2015.....	77
Tabla 74. Identificación de los puntos de muestreo PTAR Yopal – Marzo 2016.	78
Tabla 75. Resultados para el muestreo realizado en la PTAR de Yopal, Marzo del año 2016.....	78
Tabla 76. Eficiencias reportadas para el año 2013.....	79
Tabla 77. Nivel de cumplimiento de la Resolución 631 de 2015.....	83
Tabla 79. Criterios de evaluación de impactos.	91
Tabla 80. Código de Colores matriz.	92
Tabla 78. Matriz de Impactos caño Usivar.....	93

Lista de figuras

Figura 1. Localización Casco Urbano Yopal	12
Figura 2. Localización Caño Usivar.	13
Figura 3. Área de Influencia.....	14
Figura 4. (a). Llegada de la tubería de recolección. (b). Control de las compuertas.....	29
Figura 5. Diagrama del proceso.....	29
Figura 6. Secuencia del proceso. (a) Vista general del sistema de pretratamiento. (b) Punto de homogenización. (c) Rejillas de cribado. (d) Sistema de remoción de residuos sólidos. (e) Sedimentador. (f) Canaleta Parshall.	30
Figura 7. Laguna Anaerobia N° 1.	31
Figura 8. Laguna facultativa.....	31
Figura 9. Laguna anaerobia N. 2.	32
Figura 10. Cuarto de bombas sumergibles y filtros percoladores.	32
Figura 11. Filtros percoladores en funcionamiento.	33
Figura 12. (a) Vertedero excesos 36". (b) Salida 18" punto de vertimiento..	33
Figura 13. Caño Usivar aguas arriba canaleta de 36". Caño Usivar aguas abajo del vertimiento de la PTARD.	34
Figura 14. Aforo de caudal entrada PTARD.	36
Figura 15. (a-b) Aforo caudal salida PTARD. (c-d) Toma de muestra caño Usivar, aguas arriba. (e-f) Toma de muestras aguas abajo. (g) Río Charate aguas abajo. (h) Río Charate, aguas arriba.	37
Figura 16. Entrega de muestras en el laboratorio.	38
Figura 17. Elementos con los cuales se realizó el aforo.	38
Figura 18. Área del aforo a la entrada del sistema de tratamiento.	39
Figura 19. Área del aforo a la entrada del sistema de tratamiento.	40
Figura 20. Puntos Levantados, primera visita.....	41
Figura 21. Registro Fotográfico Punto No. 1.....	42
Figura 21. Registro Fotográfico Punto No. 2.....	42
Figura 23. Registro Fotográfico Punto No 3.....	43
Figura 24. Registro Fotográfico Punto No 4.....	43
Figura 25. Registro Fotográfico Punto No 5.....	44
Figura 26. Registro Fotográfico Punto No 6.....	44
Figura 27. Registro Fotográfico Punto No 7.....	45
Figura 28. Registro Fotográfico Punto No 8.....	45
Figura 29. Registro Fotográfico Punto No 9.....	46
Figura 30. Registro Fotográfico Punto No 10.....	46
Figura 31. Registro Fotográfico Punto No 11.....	47
Figura 32. Registro Fotográfico Punto No 12.....	47
Figura 33. Registro Fotográfico Punto No 13.....	48
Figura 34. Registro Fotográfico Punto No 14.....	48
Figura 35. Registro Fotográfico Punto No 15.....	49
Figura 36. Registro Fotográfico Punto No 16.....	49
Figura 37. Registro Fotográfico Punto No 17.....	50
Figura 38. Registro Fotográfico Punto No 21.....	50

Figura 39. Registro Fotográfico Punto No 23.....	51
Figura 40. Registro Fotográfico Punto No 27.....	51
Figura 41. Registro Fotográfico Punto No 31.....	52
Figura 42. Registro Fotográfico Punto No 32.....	52
Figura 43. Registro Fotográfico Punto No 34.....	53
Figura 44. Registro Fotográfico Punto No 36.....	53
Figura 45. Registro Fotográfico Punto No 38.....	54
Figura 46. Registro Fotográfico Punto No 41.....	54
Figura 47. Registro Fotográfico Punto No 43.....	55
Figura 48. Registro Fotográfico Punto No 47.....	55
Figura 49. Registro Fotográfico Punto No 52.....	56
Figura 50. Registro Fotográfico Punto No 55.....	56
Figura 51. Registro Fotográfico Punto No 57.....	57
Figura 52. Registro Fotográfico Punto No 58.....	57
Figura 53. Registro Fotográfico Punto No 59.....	58
Figura 54. Registro Fotográfico Punto No 61.....	58
Figura 55. Registro Fotográfico Punto No 65.....	59
Figura 56. Registro Fotográfico Punto No 66.....	59
Figura 57. Registro Fotográfico Punto No 73.....	60
Figura 58. Registro Fotográfico Punto No 2.....	61
Figura 59. Registro Fotográfico Punto No 3.....	61
Figura 60. Registro Fotográfico Punto No 4.....	62
Figura 61. Registro Fotográfico Punto No 5.....	62
Figura 62. Registro Fotográfico Punto No 6.....	63
Figura 63. Registro Fotográfico Punto No 7.....	63
Figura 64. Registro Fotográfico Punto No 8.....	64
Figura 65. Registro Fotográfico Punto No 9.....	64
Figura 66. Registro Fotográfico Punto No 10.....	65
Figura 67. Registro Fotográfico Punto No 11.....	65
Figura 68. Registro Fotográfico Punto No 13.....	66
Figura 69. Registro Fotográfico Punto No.14.....	66
Figura 70. Nivel de cumplimiento de acuerdo a la normatividad vigente para el año 2013.....	74
Figura 71. Nivel de cumplimiento de acuerdo a la normatividad vigente para el año 2014.....	76
Figura 72. Nivel de cumplimiento de acuerdo a la normatividad vigente para el año 2015.....	78
Figura 73. Nivel de cumplimiento de acuerdo a la normatividad vigente para el año 2016.....	80
Figura 74. Comportamiento de los porcentajes de Remoción desde los años 2013 hasta el año 2016.	81
Figura 75. Registro Fotográfico Punto No 16.....	84
Figura 76. Registro Fotográfico ruptura colector.....	84
Figura 77. Registro Fotográfico Punto No 73.....	85
Figura 78. Registro Fotográfico. Características Físicas Caño Usivar Aguas Abajo PTAR.....	85
Figura 79. Registro Fotográfico. Inundaciones en época de Lluvias	86

Figura 80. Registro Fotográfico. Puntos de Generación de Olores Ofensivos.	86
Figura 81. Registro Fotográfico. Presencia de residuos sólidos del Caño Usivar.	87
Figura 82. Registro Fotográfico. Condiciones Actuales del Suelo.	87
Figura 83. Registro Fotográfico. Deforestación Sobre el Caño Usivar.	88
Figura 84. Registro Fotográfico. Focos de Inseguridad Identificados.	89
Figura 85. Registro Fotográfico. Asentamientos Aledaños.	90
Figura 86. Registro Fotográfico. Captaciones Sobre el Caño Usivar.	91

Resumen

El propósito del trabajo es determinar el grado de afectación ambiental de la calidad de agua del caño Usivar, en relación al impacto ocasionado por las descargas de las actividades desarrolladas en el proceso productivo de la Planta de Tratamiento de Agua Residual – PTAR del municipio de Yopal; a partir de la relación causa - efecto de las áreas de influencia directa de la fuente hídrica.

Se han realizado visitas de campo al área de influencia del Caño Usivar, con el fin de identificar las condiciones generales de la fuente hídrica y realizar toma de muestras, de la entrada y salida de la PTAR, así como aguas arriba y aguas abajo del caño en mención, muestras que fueron llevadas a un laboratorio certificado, con el fin de analizar la eficiencia de la PTAR y verificar el cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos por CORPORINOQUIA. Adicionalmente se recopilaron los muestreos realizados tres años atrás, con el fin de evidenciar el comportamiento de los vertimientos realizados.

El promedio de los resultados desde el año 2013 hasta el año 2016, evidencian que la PTAR del municipio de Yopal para el año 2013 presentó valores de remoción para la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) de (76,72%), Sólidos Suspendidos Totales (SST) de (75,39%), Grasas y Aceites (GYA) de (72,76%) dando así un incumplimiento a lo estipulado en el decreto 1594 de 1984 en su artículo 48, acogido por el Decreto 1076 de 2015 mediante artículo 2.2.3.3.9.14, el cual establece que debe haber una remoción mínima del 80%.

Palabras clave: impacto ambiental, contaminación al recurso hídrico, evaluación de impacto ambiental, calidad del agua, Planta de Tratamiento de Agua Residual PTAR.

Abstract

The purpose of the study is to determine the degree of environmental impact on the quality of tap water Usivar in relation to the impact caused by the discharge of the activities in the production process of the plant Wastewater Treatment - wastewater treatment plant in the municipality of Yopal; from the cause - effect of the areas of influence of the water source.

Have been made field visits to the area of influence of tap water Usivar, in order to identify the general conditions of the water source and perform sampling of the input and output of the WWTP, as well as upstream and downstream of the pipe in question, samples were taken to a certified laboratory, in order to analyze the efficiency of the wastewater treatment plant and verify compliance with the quality objectives established by CORPORINOQUIA. Additionally the samples taken three years ago, in order to demonstrate the behavior of discharges made were collected.

The average of the results from 2013 to 2016, show that the wastewater treatment plant in the municipality of Yopal for 2013 presented clearance values for Biological Oxygen Demand (BOD 5) of (76.72%), total suspended solids (SST) (75.39%), Fats and Oils (GYA) of (72.76%) giving a breach of the provisions of Decree 1594 of 1984 article 48, hosted by Decree 1076 of 2015 by 2.2.3.3.9.14 article, which states that there must be a minimum clearance of 80%.

Keyword: environmental impact, pollution to water, environmental impact assessment, mining, water quality

1. Planteamiento del problema

El agua es indispensable para la vida, no solo porque nuestro organismo la necesita para realizar los procesos vitales más importantes sino porque de ella depende la diversidad animal y vegetal. Es decir, la salud, la alimentación, el ambiente, la producción agrícola y ganadera, y hasta el transporte dependen de la disponibilidad y de la calidad del agua. El agua es un elemento esencial para la existencia de los seres vivos y el equilibrio del entorno ambiental, en el que estos desarrollan sus actividades sociales productivas.

Aunque Colombia posee una abundante riqueza hídrica, esta se encuentra irregularmente distribuida en tiempo y espacio; el continuo deterioro de la calidad del recurso por contaminación, debido a su uso insostenible y a la ocupación no planificada del territorio, entre otros, amenaza considerablemente su calidad, oferta y demanda; esta situación aumenta las condiciones de vulnerabilidad de la población frente a cambios ambientales, como la variabilidad y el cambio climático.

Aunado a lo anterior, el crecimiento desmesurado de la población y la falta de planificación de los municipios, con el fin de garantizar condiciones de vida óptimas a las comunidades, ha desencadenado una alteración directa sobre los recursos naturales y específicamente sobre el agua, pues la gran demanda de bienes y servicios ambientales sin la implementación de medidas de control, va fracturando poco a poco las reservas de los ecosistemas.

Adicionalmente, se genera disminución de la calidad del agua por el aumento de las cargas contaminantes que se vierten directamente a las corrientes, al manejo inadecuado de residuos sólidos y a la producción de bienes, utilizando, de forma no planificada, sustancias que, una vez alcanzan un cuerpo de agua, impactan negativamente sus características naturales. Todo ello, asociado a actividades agrícolas, pecuarias, industriales, mineras y domésticas

Los equipamientos de alto impacto, se han convertido en uno de los problemas ambientales más críticos y crecientes. La descarga de aguas residuales domésticas y los vertimientos, provenientes de las Plantas de Tratamiento de Agua Residual Doméstica - PTAR están deteriorando la disponibilidad del recurso hídrico, generando graves implicaciones económicas, sociales y ambientales

En Colombia, con el propósito de mitigar y/o reducir los niveles de contaminación por vertimiento de agua residual, se han generado instrumentos legales como los Decretos 1594 de 1978, 3930 de 2010 compilados en el Decreto 1076 de 2015 y la Resolución 631 de 2015 por medio de los cuales se determinan parámetros de control al vertimiento, así mismo el Decreto 2667 de 2012 reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del recurso hídrico como receptor, en los Decretos mencionados se tiene como fin cambiar la conducta del contaminador de tal manera que se reduzcan los índices de contaminación.

Las microcuencas son algo más que solo áreas de drenaje alrededor de las comunidades, tienen otras implicaciones que son de gran importancia, como el dar apoyo al hábitat para plantas y animales, proporcionan diversidad de recursos tanto para el hombre como para la vida silvestre, y brindan un espacio de diversión y disfrute positivo de la naturaleza; es por ello que es necesario monitorear las fuentes hídricas que presentan mayor presión, y determinar los factores que alteran sus condiciones naturales.

La microcuenca del Caño Usivar, es una fuente intermitente, la cual corre paralelo al perímetro urbano de la ciudad de Yopal, razón por la cual se facilitó llevar hasta esta, las aguas residuales de la ciudad una vez se implementaron las lagunas de oxidación o

planta de tratamiento del alcantarillado urbano, pasando a ser la fuente hídrica más contaminada del Departamento.

La contaminación de la microcuenca del Caño Usivar, es originada por el vertimiento de las aguas residuales que se generan en el Municipio de Yopal debido a que no se está dando cumplimiento con los límites permisibles de descarga, remoción, transporte o disposición de sustancias, compuestos o cualquier otra materia que pueda afectar el ambiente y los recursos naturales renovables, esto por la falta de mantenimiento y la deficiente operación de las instalaciones de la planta de tratamiento, aunado a la sobrecarga del caudal recibido en la planta; que apenas alcanza una capacidad de 400 L/s.

Lo anterior ha conllevado a que se presenten problemas de tipo ambiental como, degradación paisajística, contaminación de recurso hídrico, del suelo y del aire y problemas de tipo social, como propagación de enfermedades respiratorias, cutáneas, gastrointestinales en los habitantes del área de influencia.

De esta manera, la presente investigación se desarrollará en la Microcuenca caño Usivar una de las fuentes hídricas más representativas en términos de cantidad y calidad, porque tributa al río Charte, que pertenece a la cuenca del Cusiana. Por tal razón cobra gran importancia conocer la situación ambiental de esta, con el fin de establecer las acciones a desarrollar para su descontaminación. Para esto se realizará una caracterización del área de influencia, la identificación de actividades antrópicas que alteran el ecosistema y directamente sobre las propiedades físico químicas de esta fuente hídrica; el diagnóstico esta soportado con información primaria y secundaria; a su vez se realizará un análisis y comparación de los parámetros muestreados, con la normatividad ambiental vigente y determinar la calidad del agua, y determinar el nivel de presión antrópica se ejerce sobre el caño Usivar.

1.1. Pregunta de investigación

¿Cuál es la afectación a la calidad del agua en el caño Usivar, generada por el vertimiento de la Planta de Tratamiento de Agua Residual del municipio de Yopal?

2. Justificación

El deterioro de las fuentes hídricas es una de las mayores preocupaciones a nivel mundial, ya que se trata de un recurso de vital importancia para la subsistencia de los seres vivos. Si a los recursos naturales se les aprovecha bien, estos están en capacidad de regenerarse y autorenovarse, logrando así un equilibrio entre estos y la satisfacción de las necesidades de los seres vivos.

Es el caso del Caño Usivar, fuente que se encuentra totalmente contaminada, no solo por el vertimiento de las aguas residuales del Municipio de Yopal, sino también por la contaminación originada por la comunidad y empresas asentadas en el área de influencia. Así mismo esta fuente hídrica recibe las aguas lluvias de los canales el remanso, alcaraván y caño seco, los cuales en su trayecto recogen diversos tipos de residuos que son descargados directamente al caño Usivar, debido a que los canales no cuenta con un sistema de cribado que evite que estos lleguen al Caño Usivar.

Por lo tanto identificar los impactos ambientales causados al caño Usivar, por el vertimiento de la Planta de Tratamiento de Agua Residual – PTAR, es un insumo fundamental para realizar las acciones pertinentes, por parte del ente territorial y de las autoridades ambientales, frente a la problemática ambiental que aqueja el caño Usivar; por otra parte se realizará la clasificación y ponderación de los impactos ambientales que la PTAR ocasiona al caño Usivar, relacionada directamente con la calidad ambiental y la recuperabilidad de esta fuente hídrica.

A su vez es pertinente hacer el reconocimiento del área de influencia directa del caño, con el fin de obtener elementos significativos primarios válidos para la determinación de las acciones a emprender sobre el cuerpo de agua y en el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes del área de influencia local.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Determinar la afectación ambiental en la calidad del agua del caño Usivar, por la Planta de Tratamiento de Agua residual – PTAR del municipio de Yopal departamento de Casanare.

3.2. Objetivos específicos

- Identificar los impactos ambientales al recurso hídrico que genera la Planta de tratamiento de agua residual del municipio de Yopal, sobre el caño Usivar, en el municipio de Yopal.
- Analizar el nivel de impacto generado por la Planta de Tratamiento de Agua Residual del municipio de Yopal en el caño Usivar.
- Evaluar el impacto en la calidad del agua del caño Usivar a fin de obtener jerárquicamente la importancia de cada uno de los impactos identificados de acuerdo al grado de importancia de recuperabilidad en función de su calidad ambiental.

4. Referente teórico y antecedentes

4.1. Antecedentes investigativos

En torno al tratamiento de aguas residuales domésticas en Colombia, se han generado situaciones ambientales de alto impacto negativo sobre las fuentes hídricas, afectando los ecosistemas y la calidad de vida de las personas que tienen influencia directa e indirecta sobre la zona.

Los documentos que se relacionan a continuación, son estudios y /o documentos específicos del municipio de Yopal, en los cuales el recurso hídrico y el manejo de vertimientos del municipio en mención cobra importancia:

- Plan de Ordenamiento Territorial 2013 (Municipio de Yopal, 2013).
- Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos del municipio de Yopal (EAAAY EICE, 2010).
- Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del río Charte (Corporinoquia, 2005).
- Plan de Gestión Integral de Residuos del municipio de Yopal (Municipio de Yopal, 2015).

4.1.1. Estudios relacionados con saneamiento básico

- Análisis del sector de agua potable y saneamiento en Colombia (DNP, 1997).
- Informe técnico sobre sistemas de tratamiento de aguas residuales en Colombia (MAVDT, 2004).
- Informe Técnico sobre Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en Colombia (Superservicios, 2013).

4.2. Descripción del área de estudio

Yopal, ciudad y capital del departamento colombiano de Casanare, ubicada cerca del Río Cravo Sur, en el piedemonte de la cordillera Oriental, por su topografía el municipio presenta tres pisos térmicos cuyas áreas son: Cálido 1.906 Km², Medio 106Km² y Frio 25Km² (Alcaldía de Yopal, 2013).

Extensión total: 2771 km².

Extensión área urbana: 10,47 km².

Extensión área rural: 2760,53 km².

Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): 350 m.

Temperatura media: 26 °C.

Distancia de referencia: Se encuentra a una distancia de Bogotá de 387 km.

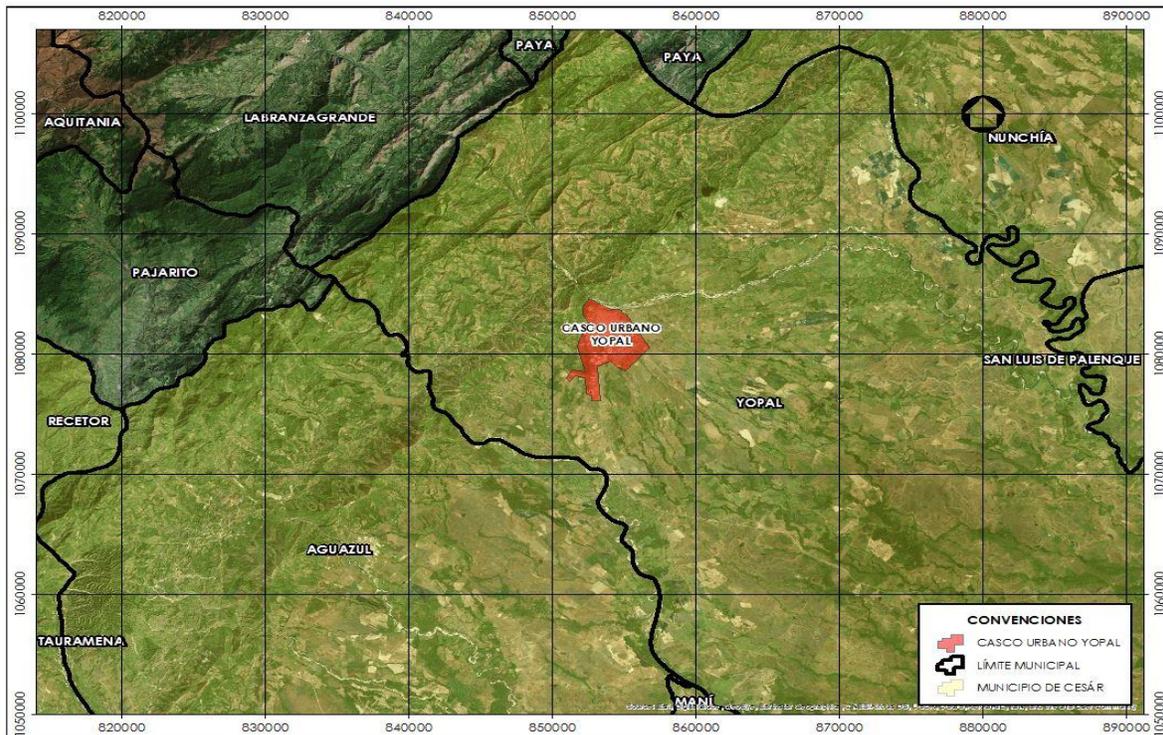


Figura 1. Localización Casco Urbano Yopal.

El área de estudio se ubica al sur occidente del Municipio de Yopal, desde la intersección de la Marginal de la Selva hasta la desembocadura en el río Charte en el Corregimiento de Morichal, sobre un material aluvial de composición limosa, arcillosa y arenosa, de baja compresibilidad y de consistencia compacta hasta los 1,50 m. El Caño Usivar se caracteriza por tener una corriente intermitente, ya que se seca totalmente en los meses considerados de verano, con una excelente cobertura vegetal protectora especialmente en el sector del nacimiento hasta el área del Hospital (EAAAY – EICE. PMI, 2010).

El caño Usivar nace al nor-occidente del municipio de Yopal, a 350 msnm y sus aguas fluyen hacia el suroeste para desembocar en el Río Charte, en el mismo municipio a 240 msnm. En su recorrido drena las aguas de 3 km², hasta llegar a su desembocadura en el Río Charte. En su recorrido de 10 km, el caño Usivar recibe las aguas del canal de la marginal del llano, y otras corrientes menores que nacen en las estribaciones del cerro el Venado, dicho recorrido se puede caracterizar una microcuenca, con una longitud de 12 km desde su nacimiento hasta el lugar conocido como San Rafael de Morichal. Este cuerpo receptor desemboca al Río Charte en el sitio Guarataro (EAAAY – EICE. PMI, 2010).

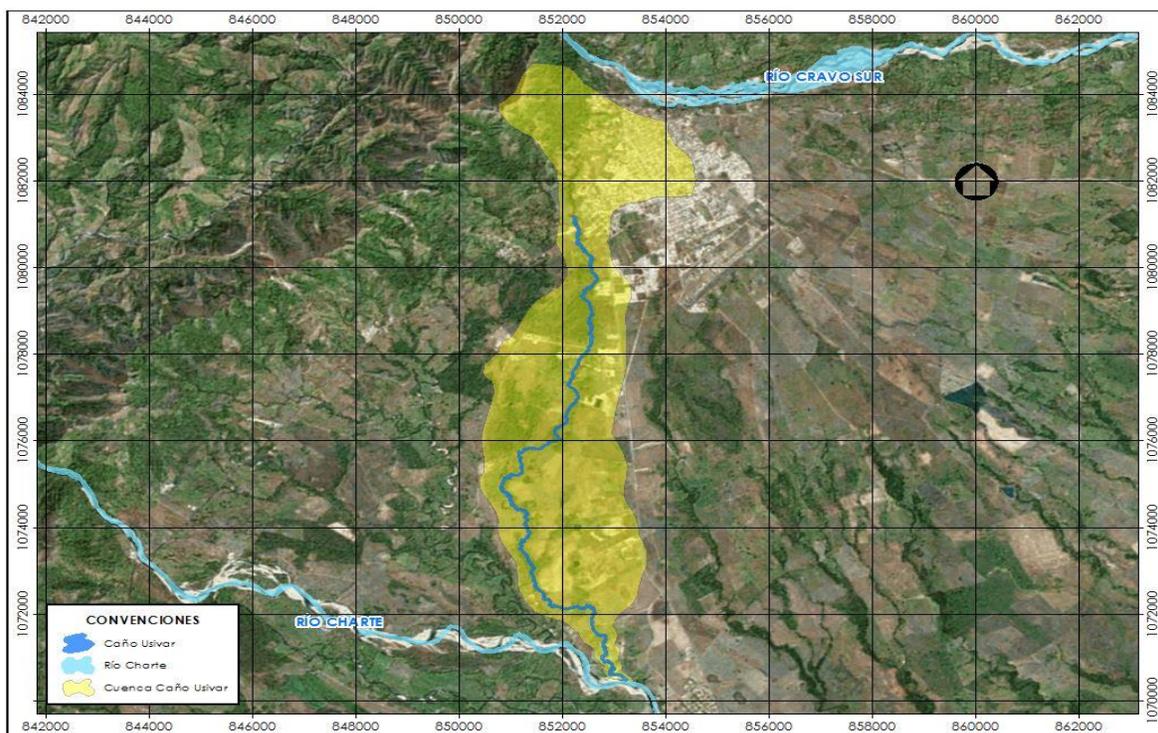


Figura 2. Localización Caño Usivar.

La microcuenca del caño Usivar es de alta importancia ambiental dentro de la cuenca del río Charte, por cuanto sobre este se vierten las aguas tratadas de la PTAR del municipio de Yopal a la altura de Santa fe de Morichal.¹

El municipio de Yopal hace parte de las cuencas del Río Charte y del Río Cravo Sur, las cuales están conformadas por las subcuentas de otros cuerpos hídricos, como se describe en la Tabla 1.

Tabla 1. Cuerpos hídricos de Yopal.

Cuenca	Subcuentas
Río Charte	Micro Cuenca Quebrada La Aguazula Micro cuenca Quebrada La Upamena Microcuenca Quebrada Agua Blanca Micro cuenca Caño Usivar Subcuenca Caño Guariamena
Río Cravo Sur	Cuenca hidrográfica del Río Tocaría y Río Payero Micro cuenca Quebrada La Tablona Micro cuenca Quebrada La Calabozza Micro cuenca Caño Canacabare (Maremare) Micro cuenca Quebrada La Niata Cuenca Caño Tiestal Micro cuenca Agua Verde- Caño palomas Micro cuenca Caño Seco. Microcuenca Caño Agua Verde (Matepiña)

¹ Capítulo 4- Hidrografía, Plan de Ordenamiento y manejo de cuenca POMCH RIO CHARTE.

El área de influencia directa corresponde al espacio territorial delimitado por el área de influencia del cauce del caño Usivar, donde por el desarrollo de actividades antropogénicas e industriales y de expansión demográfica, se manifiestan directa y puntualmente los impactos ambientales de esta microcuenca.

Acciones como el vertimiento de las aguas residuales municipales, la disposición de residuos ordinarios y especiales en el cauce del caño, y la invasión de la ronda hídrica por asentamientos poblacionales, corresponden a actividades que posiblemente generaran impactos y/o afectación, directa y puntualmente sobre los elementos ambientales y sociales como suelo, agua, vegetación, fauna, población, las actividades económicas y/o los servicios.

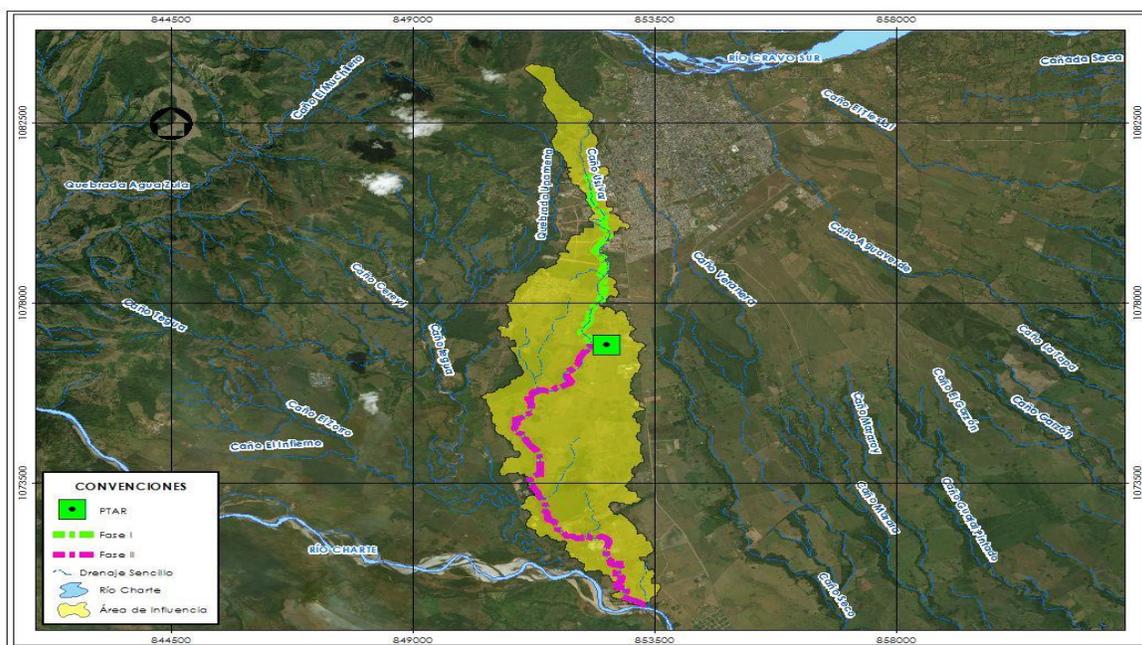


Figura 3. Área de Influencia

4.2.1. Clima

El clima del municipio de Yopal es cálido y húmedo con temperaturas que varían desde 18°C en los meses de junio y julio a 28°C en el mes de febrero, estableciendo un promedio anual de 26°C de acuerdo con la precipitación media anual (EAAAY – EICE. PMI, 2010).

4.2.2. Precipitación

Generalmente a lo largo del año se definen dos periodos donde el más lluvioso comprende los meses de abril a octubre con precipitaciones promedio de 298 mm, siendo mayo el mes más lluvioso con precipitaciones de 504,5 mm en la estación el Morro y 345,9 mm en la estación del Aeropuerto de Yopal; el periodo seco va de diciembre a marzo con promedios de 20 mm.

Enero es el mes más seco con registro de 3,5 mm, la precipitación anual varía entre 2.000 mm al Suroeste y 3.600 mm en las estribaciones de la cordillera oriental. El total de precipitación media anual para la estación el Morro es 3781,5 mm, para La

Chaparrera de 2375,6 mms y para el Aeropuerto de Yopal 2324,8 mms (EAAAY – EICE. PMI, 2010).

4.2.3. Temperatura

La temperatura media anual registra valores entre 22°C y 30,4°C. El período húmedo es el más fresco ya que las temperaturas descienden en más de dos grados, mientras que el período seco es el más caluroso con valores que superan los 24°C, teniendo como base los valores medios mínimos. El promedio medio anual es de 26,4°C para el municipio de Yopal, presentándose una baja oscilación intra-anual, lo cual es típico en las regiones tropicales (EAAAY – EICE. PMI, 2010).

4.2.4. Humedad Relativa

En el periodo abril – septiembre la humedad relativa media está por encima del 80%, valores que se encuentran en el periodo lluvioso; octubre y noviembre donde finaliza la temporada de lluvia disminuye en un rango no inferior al 77% y en los meses de sequía disminuye hasta un 65%. Los valores más bajos promedios se registran en el mes de enero, febrero y marzo y los más altos durante el período húmedo (EAAAY – EICE. PMI, 2010).

4.2.5. Brillo Solar

El mayor número de horas de brillo solar se presenta en el periodo seco en el mes de enero con un valor aproximado de 245 horas/mes y el mes de menores horas insolación se registra en julio con un valor de 123 h/mes. El promedio anual de brillo solar es de 1976,7 horas (EAAAY – EICE. PMI, 2010).

4.2.6. Vientos

La velocidad del viento más alta se registra de noviembre a marzo, estos meses pertenecen al periodo de sequía; de abril a octubre se encuentran los datos más bajos y están directamente relacionados con la temporada de lluvia. Se tiene como velocidad media anual 3,0 m/s. y como velocidad máxima 5 m/s., la dirección predominante es la noreste. (EAAAY – EICE. PMI, 2010)

4.2.7. Geología

La formación geológica de Yopal se dio en el periodo del cretáceo hasta el cuaternario, de occidente a oriente. En el primer periodo mencionado surgieron las partes más altas de la montaña, compuesta por rocas sedimentarias, principalmente areniscas cuarzosas, arcillolitas y lutitas que hacen parte de la Formación Arenisca de las Juntas del Grupo Cáqueza, de la Formación Une y Chipaque del Grupo Villeta; y el grupo Palmichal (EAAAY – EICE. PMI, 2010).

4.2.7.1. Geología histórica

El departamento de Casanare tiene asentamiento en la vertiente oriental de la cordillera oriental, originada a finales del Terciario y que con los sucesos en el tiempo fueron consolidando una región rica de un suelo con una parte montañosa, el piedemonte

llanero y la llanura aluvial y un clima húmedo y tropical en el piedemonte llanero y frío en la zona andina (EAAAY – EICE. PMI, 2010).

4.2.7.2. Geología estructural

El origen territorial de Yopal yace en una falla denominada de San Miguel o Yopal, dentro de un sistema de fallas del borde llanero o Guaicamaro, dicha falla se caracteriza por ser un alineamiento de los sistemas de drenajes primarios y secundarios, afectando así rocas terciarias y cuaternarias. Este territorio también se ve definido por la caracterización de cuatro dominios estructurales, que justifican su existencia, por ende es una zona orogénica, que consta de un cinturón plegado y una depresión subandina, dentro de la plataforma del llano (EAAAY – EICE. PMI, 2010).

4.2.7.3. Estratigrafía

La región denominada Borde Llanero en el sector de Piedemonte acoge a la parte occidental del Departamento de Casanare, vertiente oriental de la cordillera oriental, espacio geográfico donde Yopal fundamenta su existencia (EAAAY – EICE. PMI, 2010).

4.2.7.4. Geología económica

Su riqueza en recursos naturales no renovables y de constante explotación se soporta en los hidrocarburos (petróleo y gas natural) y materiales de río, como gravas, gravilla, arena; además de arcilla.

4.2.8. Geomorfología

Según la clasificación geomorfológica evidenciada en el POT del Municipio de Yopal y consecuentes con el estudio de suelos del IGAC, en la capital del Departamento de Casanare se encuentran los paisajes de escarpes, filas y vigas, altiplanicie, lomerío, llanura aluvial de piedemonte, llanura aluvial fluviodeltaica, abanico de terraza, terrazas y vegas (Municipio de Yopal, POT 2013).

4.2.8.1. Suelos

El estudio de la descripción de los suelos es muy importante, ya que es el eje fundamental de las acciones (construcciones, mejoramientos, reforestaciones), además de los impactos generados con la erosión, ampliación de la frontera agrícola, empobrecimiento de los suelos con respecto a la materia orgánica, degradación biológica, compactación y contaminación (Municipio de Yopal, POT 2013).

Los suelos del área de influencia del Caño Usivar, tienen variaciones en cuanto a su estructura, encontrando suelos compactados, suelos fuertemente ácidos, con contenido alto y medio bajo de materia orgánica, es un suelo susceptible a la erosión, baja fertilidad y niveles tóxicos de aluminio intercambiable. La mayor parte de la zona está cubierta por vegetación de bosque primario y secundario y árboles que se desarrollaron nativamente (Municipio de Yopal, POT 2013).

En los sectores cercanos a las quebradas y nacimientos, se encuentran perfiles que alcanzan hasta 50 centímetros de espesor de horizonte orgánico; en las zonas con buena protección, la capa de materia orgánica en descomposición llega a 10 centímetros

y sobre esta se retienen parte de la fracción arena erodada de suelos superiores (Municipio de Yopal, POT 2013).

4.2.9. Vegetación

El Caño Usivar según Holdridge, se encuentra localizada en la zona vida bosque húmedo Tropical (bh-T), por existir zonas de ladera y planicie, se presentan precipitaciones que van desde los 2000 mm hasta los 4000 mm, biotemperatura mayor de 24°C, la mayor parte de la vegetación nativa ha sido truncada por acción antrópica, en consecuencia coexisten aquí informaciones herbáceas dominada por rabo de zorro (*Andropogón bicornis*), Guaratara (*Axonopus*). La vegetación es de sabanas naturales, a excepción de los bosques de montaña y piedemonte en la vertiente de la cordillera, donde los suelos son fértiles y aptos para la agricultura, en tanto las áreas planas no tienen esta ventaja ya que se inundan algunos meses del año (EAAAY – EICE. PMI, 2010).

El Caño Usivar en su parte baja cuenta con la predominación de Aceite, el Simarrú, el Leche Miel y el Quince Días como vegetación principal; en la parte media de la cuenca las más representativas especies de vegetación son el Guasimo, el Guarataro, el Yarumo y el Anón Silvestre, además de contener en menor medida Lechero – Gaque, el Lechero – Matapalo, el Guayabo y el Crestegallo. La cuenca alta la habitan en gran mayoría la Varasanta, el Quince Días, el Yarumo y el Algarrobo, además existen allí el Chachafruto, Chaparro, Turmeperro y Achiote (EAAAY – EICE. PMI, 2010).

4.2.10. Fauna

En las observaciones de campo que se realizaron al caño Usivar se observaron poblaciones muy bajas de animales silvestres resultado de la cercanía al casco urbano de la Capital y algunos barrios marginales que se encuentran próximos a este. Sin embargo, los habitantes del sector mencionaron que a lo largo de este corredor biológico han visto algunos mamíferos como por ejemplo: oso Tamandúa (*Tamandua tetradactyla*), rastros de picure o guara (*Dasyprocta fuliginosa*), cachicamo o armadillo (*Dasyus novemcinctus*) (EAAAY – EICE. PMI, 2010).

En lo concerniente a Avifauna este ecosistema cuenta una amplia gama de aves desde una de las más veloces como el azulejo (*Thraupis episcopus*), pequeñas manadas de cheos o siyalí (*Crotophaga major*), múltiples manadas de pericos mastraneros (*Aratinga pertinax*), en varios trayectos se pudieron apreciar torcazas (*Zenaida auriculata*), sirirís (*Tyrannus melanolicos*), arrendajos (*Casicus cela*), mirlas (*Turdus fuscater*) y en varios sectores del recorrido se pudieron apreciar pequeños grupos del reciclador natural, el chulo, gallinazo, zamuro o kéreke (*Coragyps atratus*) quien estando en tierra no es muy atractivo, pero una vez remonta el vuelo, se convierte en un maestro de la aerodinámica que, con sólo extender las alas, logra elevarse y mantenerse durante horas en vuelo gracias al aprovechamiento que hace de las corrientes ascendentes de aire, cuenta con una agudeza visual increíble que le permite descubrir los animales muertos que constituyen su alimento. Un grupo especial lo conforma la entomofauna presente en el lugar donde queremos resaltar la presencia de hormigas arrieras o achacos (*Atta* sp.) y algunas mariposas muy vistosas como la palomilla (*Ipsiphylla grandella*) (EAAAY – EICE. PMA, 2010).

4.2.11. Hidrología e hidráulica

El caño Usivar es una cuenca que presenta dos tipos diferentes de escorrentía un sector prototipo de una microcuenca rural y otro sector de una microcuenca urbana o

escorrentía procedente de un área urbanizada. La zona urbanizada tiene un régimen intervenido o alterado por el sistema de drenaje acorde con el alcantarillado y los volúmenes de agua que salen como aguas de retorno. Nace en el cerro el venado en predios privados con una cobertura vegetal arbórea y en rastrojos, donde se presentan los únicos tres afluentes que tiene el río en una cuenca alargada, donde a partir de la vía marginal de la selva, el caño Usivar tiene drenajes de importancia, es decir, es prácticamente una cuenca sin afluentes, donde la escorrentía le llega a través de canales y escorrentía superficial, o de los sistemas de descoles del sistema construido por la EAAAY (EAAAY – EICE. PMA, 2010).

Debido a la ausencia de estaciones hidrológicas en el caño Usivar, es necesario estimar los caudales característicos a través de modelos lluvia-caudal, donde es de gran importancia el análisis climático y manejo de información cercana como lluvia máxima en 24 horas y la generación de las curvas de intensidad frecuencia duración.

Las características hidráulicas alteran el caudal que se transita por la sección transversal. En el caso del caño Usivar, la cobertura vegetal existente genera mayor rugosidad e incrementa el nivel del agua al reducir la velocidad del flujo. Por lo tanto, es conveniente preservar la cobertura vegetal existente, ya que las estimaciones hidrológicas e hidráulicas se han definido a partir de la cobertura vegetal actual y las características topográficas del suelo. El caño Usivar corresponde a una corriente intermitente, ya que se seca totalmente en los meses considerados de verano, con una excelente cobertura vegetal protectora especialmente en el sector del nacimiento hasta el área del hospital (EAAAY – EICE. PMA, 2010).

4.3. Aguas residuales domésticas

Las aguas residuales domésticas hacen referencia a aquellas utilizadas por la población con fines higiénicos, las cuales son residuos vertidos a través de unas redes de alcantarillado por medio de descargas de instalaciones hidráulicas de la edificación también en residuos originados en establecimientos comerciales, públicos y similares. En general, las aguas residuales están constituida por dos componentes, aproximadamente un 99,9% de agua y un 0,1% de sólidos suspendidos, coloidales y disueltos, conocido como lodo.

De acuerdo a lo establecido por Alvarado y Camacho (2012), consideran que el estudio del tratamiento del agua residual doméstica bajo los principios del enfoque teórico del Desarrollo Local Sostenible - DLS, permite conocer un acercamiento a la realidad, pues considera los diversos elementos sociales, culturales, tecnológicos, políticos-administrativos y económicos que le compone, además, comprende dos aspectos esenciales para un desarrollo equitativo, la visión territorial y la sostenibilidad.

Por lo tanto existen sistemas de tratamiento que buscan eliminar los contaminantes presentes en el agua residual, sin embargo el inadecuado funcionamiento de estos sistemas de tratamiento generan una problemática en el entorno ambiental, por tanto los diferentes gobiernos del orden nacional y regional deben tratar este tema de una manera más sistémica donde abarque todos los aspectos tanto los social, económico, político, administrativo y ambiental, con lo cual le permita una mayor y activa participación de los agentes locales, su cultura y tradiciones, acompañado de su situación económica en la formulación de una propuesta de tratamiento de aguas residuales domesticas de una determinada región (Superservicios, 2013).

4.3.1. Tratamiento de aguas residuales domésticas

Como existe una gran variedad de agentes contaminantes introducidos en las aguas residuales y el volumen que se genera de ellas también varía, existen diferentes formas de tratarlos, éstas se clasifican según su operación, en convencionales y alternativas. Típicamente existen dos formas generales de tratar las aguas residuales. Una de ellas consiste en dejar que las aguas residuales se asienten en el fondo de los estanques, permitiendo que el material sólido se deposite en el fondo (sedimentación).

Después se trata la corriente superior de residuos con sustancias químicas para reducir el número de contaminantes dañinos presentes (cloración). El segundo método más común consiste en utilizar la población bacteriana para degradar la materia orgánica. Este método, conocido como tratamiento de lodos activados, requiere el abastecimiento de oxígeno (aerobio) a los microbios de las aguas residuales para realizar su metabolismo.

Reynolds (2002), refiere que los pasos básicos para el tratamiento de aguas residuales incluye:

- Pretratamiento: remoción física de objetos grandes.
- Tratamiento primario: sedimentación por gravedad de las partículas sólidas y contaminantes adheridos.
- Tratamiento secundario: digestión biológica usando lodos activados o filtros de goteo que fomentan el crecimiento de microorganismos.
- Tratamiento terciario: tratamiento químico (por ejemplo, precipitación, desinfección).

También puede utilizarse para complementar los pasos del tratamiento primario las tecnologías de precipitación como la coagulación y floculación, por lo general involucran sistemas de alimentación química. Mientras tanto, la filtración lenta con arena es utilizada más a menudo como una aplicación de agua potable, pero puede, bajo condiciones propicias ser también utilizada para el control de aguas residuales, jugando un papel doble como un sistema de tratamiento biológicamente activo antes de alimentar las corrientes naturales de agua. Aun así, éstas también requieren un funcionamiento y mantenimiento cuidadoso (Reynolds, 2002).

Las aguas residuales que no son objeto de algún tipo de tratamiento, contienen microorganismos que generan enfermedades gastrointestinales que son las que frecuentemente son consultadas en los centros de salud, por la población aledaña a fuentes hídricas receptoras de aguas residuales domésticas.

Las aguas residuales son responsables del 80% de la morbilidad de los países en vía de desarrollo, esta situación se encuentra estrechamente relacionada con las bajas coberturas en alcantarillado y el inadecuado tratamiento y disposición final de aguas de aguas residuales (OPS/OMS 2000).

De acuerdo a la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, Colombia cuenta con 562 sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas instalados en 480 municipios, de los cuales 333 fueron inspeccionados y de estos, 89 se encuentran fuera de servicio. Después de inspeccionar 333 sistemas de tratamiento de aguas residuales en 278 municipios del país, la Superintendencia encontró que Colombia presenta bastantes deficiencias en este proceso (Lizarazo & Orjuela, 2013).

4.4. Evaluación de Impacto Ambiental

La Evaluación de Impacto Ambiental – EIA, es un proceso tanto técnico, como administrativo utilizado para evaluar los impactos ambientales de proyectos, obras o actividades, de modo que ésta pueda intervenir en la toma de decisiones. En este sentido,

la EIA puede considerarse como una herramienta de prevención y control en el contexto del Sistema Nacional Ambiental de Colombia (Toro, Requena & Zamorano, 2010; Wathern, 1994; Wood, 1993). La aplicación específica de la EIA depende del marco institucional y el contexto socio-político del país o región (Ortolano & Sheperd, 1995).

Comúnmente el Impacto Ambiental es identificado por el efecto de una acción simple de una actividad sobre uno o varios factores ambientales. Es importante que estos elementos queden explícitos dentro de la definición de cualquier impacto ambiental. Para que esto ocurra es necesario determinar el signo y valor del Impacto (Gomez, 2003).

La matriz Leopold, es una metodología que desde 1971 se contruyó por Luna Leopold, Frank Clarke, Bruce Hansahw y James Balsley, para determinar y cuantificar los impactos significativos y su importancia relativa (Leopold, 1971).

4.5. Marco legal

A continuación se realiza un recuento de la legislación ambiental vigente, aplicable al tema de saneamiento básico y evaluación de impactos ambientales:

Constitución Política de Colombia 79, 80, 89 y 95, establece la obligación del Estado de proteger la diversidad del ambiente, prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental el derecho de todas las personas a gozar de un ambiente sano, el deber de los ciudadanos de proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación del ambiente.

El Estado garantiza la calidad del agua para consumo humano y en general para las demás actividades en que su uso es necesario. Así mismo regula entre otros aspectos la clasificación de las aguas señala las que deben ser objeto de protección y control especial y fija su destinación y posibilidades de aprovechamiento.

LEYES:

- Ley 9 de 1979, instituida para la protección del medio ambiente y establece las normas generales que sirven de base a las disposiciones y reglamentaciones necesarias para preservar, restaurar, y mejorar las condiciones sanitarias en lo que se relaciona a la salud humana (Congreso de la Republica de Colombia, 1979).
- Ley 99 de 1993, por medio de la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se ordena el sector publico encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables y se organiza el sistema nacional ambiental (Congreso de la Republica de Colombia, 1993).
- Ley 142 de 1994 Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.
- Ley 388 de 1997, que garantiza la utilización del uso del suelo propendiendo a la defensa del espacio público, protección del ambiente y prevención de desastres.
- Ley 1333 de 2009 Por la cual se establece el régimen sancionatorio ambiental.

DECRETOS

- El Decreto 2811 de 1974, por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección del Medio Ambiente.
- Decreto 1541 de 1978, por la cual se reglamenta el uso de las aguas no marítimas.
- Decreto 3930 de 2010, establece las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el ordenamiento del recurso hídrico y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo, y a los alcantarillados.

- Decreto 4718 de 2010, por el cual se modifica parcialmente el Decreto 3930 de 2010.
- Decreto 1287 de 2014, Por el cual se establecen los criterios para el uso de biosólidos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales.
- Decreto 1076 de 2015, Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Decreto 1077 de 2015, Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio.

RESOLUCIONES

- Resolución 200.41.10.0373 de 2010 Por medio de la cual se establecen los objetivos de calidad de la cuenca del río Cusiana en jurisdicción de Corporinoquia para el periodo 2010-2020.
- Resolución 631 de 2015 Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.

4.6. Antecedentes autoridad ambiental

La Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia - Corporinoquia, en el año 2007 mediante Resolución N°200.15.07-01332 aprobó el Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del río Cusiana; tres años más tarde (año 2010) por medio de la Resolución N° 200.41.10-1303 se estableció el Plan de Manejo Integral de La Microcuenca del Caño Usivar presentado por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado del Municipio de Yopal E.I.C.E – ESP (Corporinoquia, exp 97-1086), el cual fue estructurado como instrumento de planificación, direccionamiento de actividades y ejecución de programas y proyectos orientados hacia la conservación del uso sostenible de los recursos naturales en el área de influencia de la microcuenca.

En el mismo año mediante Resolución N° 200.41.10-0321 del 09 de febrero de 2010, esta entidad aprobó el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos - PSMV para el Municipio de Yopal (Corporinoquia, exp 97-1086), el cual contiene las actividades e inversiones propuestas por la empresa de servicios públicos, para avanzar en el saneamiento y tratamiento de los vertimientos, así como en las acciones a tomar en pro dl caño Usivar.

En cumplimiento de la función de control y seguimiento, se han realizado múltiples visitas al sistema de vertimiento de aguas residuales domesticas del casco urbano del Municipio de Yopal, con el fin de verificar las condiciones operativas y ambientales del área de influencia del proyecto en mención.

En el último semestre del año 2013 la Subdirección de Control y Calidad Ambiental de Corporinoquia, realizó muestreos de aguas a la entrada y la salida de la PTAR, aguas arriba y aguas abajo del caño Usivar y del río Charte, determinando que el porcentaje de remoción de D.B.O5 es de 76,72%, de SST 75,39% y de Grasas y Aceites es 72,76% (Corporinoquia, exp 97-1086)

4.7. Plan de saneamiento y manejo de vertimientos del municipio de Yopal

Tal como se mencionó anteriormente, mediante Resolución N° 200.41.09-0520 Corporinoquia aprobó el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos - PSMV para el Municipio de Yopal, en cumplimiento a lo estipulado en la Resolución 1433 de 2004 por la cual se reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de

Saneamiento y Manejo de Vertimientos - PSMV, el cual deberá contener las actividades e inversiones necesarias para avanzar en el saneamiento y tratamiento de los vertimientos.

A continuación se relacionan los programas preestablecidos en el Plan de Saneamiento básico y manejo de vertimiento:

Tabla 2. Cronograma actividades del PSMV.

o	Actividad / proyectos	Indicador	Cantidad	Corto plazo			Mediano plazo			Largo plazo				
				2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1	Construcción nuevo emisario PTAR - Río Charte	Longitud construida (Km)	13 Km											
2	Construcción nuevo sistema de pretratamiento PTAR	Unidades construidas	2 Un											
3	Adecuación líneas de flujo	Longitud construida (km)	1,5 Km											
4	Construcción unidades de sedimentación	Unidades construidas	2 Un											
5	Modificación filtros percoladores	Unidades modificadas	4 Un											
6	Construcción pozos de bombeo a proceso	Unidades construidas	2 Un											
7	Sistema de manejo de lodos	Unidades construidas	3 Un											
8	Implementación proceso de desinfección	Unidades construidas	1 Un											
9	Instrumentación y control	Unidades construidas	1 Un											
10	Elaboración catastro de redes	Producto entregado	1 Un											
11	Ampliación cobertura zonas de expansión	Longitud construida (km)	7,65 Km											
12	Ampliación cobertura alcantarillado pluvial	Longitud construida (km)	25 Km											

Respecto de las metas de remoción de carga contaminante, así como los porcentajes de remoción establecidos en el instrumento de planificación municipal – PSMV, se aprobaron las siguientes metas:

Tabla 3. Proyección metas de reducción de DBO₅ y SST.

PLAZO (AÑOS)		CORTO			MEDIANO			LARGO		
		2009 -2011			2012 - 2014			2015-2019		
POBLACION (Hab)		125026			147205			192310		
CARGA CONTAMINANTE ACTUAL		CARGA CONTAMINANTE PROYECTADA A DOS (2) AÑOS			CARGA CONTAMINANTE PROYECTADA A CINCO (5) AÑOS			CARGA CONTAMINANTE PROYECTADA A DIEZ (10) AÑOS		
		DBO kg/dia	SST kg/dia	%	DBO kg/dia	SST kg/dia	%	DBO kg/dia	SST kg/dia	%
10541,38	5426,78	≥80	2355,74	1212,75	≥85	2080,23	1070,92	≥90	1811,75	932,7

Fuente: Corporinoquia - Resolución 200.41.09-0520 del 6 de Mayo de 2009.

5. Materiales y métodos

La investigación se efectuó en el caño Usivar ubicado en corregimiento de Morichal, municipio de Yopal, departamento de Casanare; para el desarrollo del proyecto se plantearon cuatro etapas que propendieron por el logro de los objetivos. La metodología en este estudio, está relacionada con la verificación del cumplimiento de las obligaciones y parámetros contemplados en el Decreto 1076 de 2015 y la resolución 631 de 2015, con el fin de determinar las condiciones ambientales, las características fisicoquímicas de la fuente y las actividades que generan alteración en la misma.

El tipo de investigación desarrollada es explicativa bajo un análisis cuantitativo, que implica un proceso de recolección y análisis de datos, donde se pretendió en un primer momento empírico-analítico describir y analizar el estado de la Planta de Tratamiento de Agua Residual - PTAR, y el impacto que se genera en la calidad del recurso hídrico influenciado por el vertimiento de esta Planta en el caño Usivar ubicado en el municipio de Yopal.

5.1. Técnicas e instrumentos

Para la identificación de los impactos ambientales al caño Usivar, en términos de calidad, se elaboró un primer instrumento denominado lista de chequeo, el cual tiene como base cada una de los componentes del sistema de tratamiento de la Planta de Tratamiento de Agua Residual Domestica –PTARD del municipio de Yopal, partiendo de un enfoque sistémico.

El segundo instrumento empleado, fue un cuadro comparativo, donde se estableció la normatividad ambiental vigente relacionada con el uso de recurso hídrico y los vertimientos, así como las Resoluciones emitidas por la autoridad ambiental y los análisis de laboratorio, enfocado a realizar la evaluación de los parámetros muestreados, de tal manera que se pueda incluir.

Se levantó información primaria en la zona de influencia del caño Usivar, para determinar las actividades antrópicas que inciden en la calidad de agua de esta fuente hídrica. Toda la información recopilada, de las muestras tomadas o de los muestreos realizados por otros entes que aporten al proyecto de investigación, fue almacenada en una base de datos, con el fin de poder hacer cálculos y a su vez organizar la información para realizar la matriz de identificación de impactos ambientales al recurso hídrico.

5.2. Definición de la población y la muestra

La investigación tuvo como área de influencia directa el caño Usivar, ubicado en la vereda San Rafael (zona sur), del municipio de Yopal, departamento de Casanare, el cual se definió como población determinada para el análisis de los impactos a los que se vió afectado, por lo tanto se realizaron análisis de esta en cuanto a calidad y cantidad de la fuente hídrica.

5.2.1. Proyección de la población del municipio de Yopal

Con el fin de determinar el caudal de entrada de la planta de tratamiento de agua residual se elaboró el correspondiente estudio de población. El estudio correspondiente a la estimación de la población, censos y demanda, está estructurado y enmarcado de acuerdo a la Resolución 0330 del 2017.

Este aspecto metodológico, fue implementado en esta investigación, para realizar los estudios de proyección de población para este proyecto, de tal manera que no solo se consideran los resultados de los métodos tradicionales de proyección poblacional, sino que a su vez, se tratará ser consecuente con las estimaciones poblacionales hacia los valores de los promedios nacionales y regionales para Colombia.

En la Tabla B.2.1 de las norma RAS, se presentan los métodos de cálculo permitidos para realizar las proyecciones de población, las normas RAS aceptan los métodos aritmético, geométrico y exponencial (MAVDT, 2000, Título B, p.B30). Teniendo en cuenta lo anterior, se realizó la proyección de población por los tres métodos antes mencionados, optando por el método geométrico como el más ajustable a las tendencias de crecimiento de población del municipio.

La proyección de la población total del municipio de Yopal, se realizó teniendo en cuenta una tasa de crecimiento de 3,30 %, esta tasa se calculó teniendo en cuenta las tasas de crecimiento total del país, departamental y municipal, información suministrada por el DANE. El dato de partida para el análisis población, fue el valor obtenido mediante el último censo (2005), el cual corresponde a 88.928. A partir de la proyección de población realizada se obtuvo que para el año 2017, este municipio contó con una población total de 131.293 habitantes y una población al año horizonte del proyecto 2043 de 305.387 habitantes, tal como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Proyección de la Población.

Año	Población urbana (habitantes)		
	Fija	Flotante	Total
2017	131,293	3,939	135,232
2018	135,626	4,069	139,695
2019	140,102	4,203	144,305
2020	144,725	4,342	149,067
2021	149,501	4,485	153,986
2022	154,434	4,633	159,067
2023	159,531	4,786	164,317
2024	164,795	4,944	169,739
2025	170,233	5,107	175,340
2026	175,851	5,276	181,127
2027	181,654	5,450	187,104
2028	187,649	5,629	193,278
2029	193,841	5,815	199,656
2030	200,238	6,007	206,245
2031	206,846	6,205	213,051
2032	213,672	6,410	220,082
2033	220,723	6,622	227,345
2034	228,007	6,840	234,847
2035	235,531	7,066	242,597
2036	243,304	7,299	250,603
2037	251,333	7,540	258,873
2038	259,627	7,789	267,416
2039	268,194	8,046	276,240
2040	277,045	8,311	285,356
2041	286,187	8,586	294,773
2042	295,631	8,869	304,500
2043	305,387	9,162	314,549

En la tabla 5 se presenta el cálculo de la demanda requerida por el Municipio Yopal, tomando el cálculo de dotación neta, dotación bruta, caudal medio diario, caudal máximo diario y caudal máximo horario.

Tabla 5. Dotación Neta máxima por habitante municipio de Yopal.

AN.	Población urbana (habitantes)			Caudal medio (L/s)	Caudal máximo horario (L/s)	Caudal máximo semanal (L/s)	Caudal de diseño tratamiento preliminar (L/s)	Caudal máximo mensual (L/s)
	Fija	Flotante	Total					
017	131,293	3,939	017	342.56	742.84	445.32	961.51	706.25
018	135,626	4,069	018	348.70	755.34	453.32	974.00	716.70
019	140,102	4,203	019	355.05	768.24	461.57	986.90	727.50
020	144,725	4,342	020	361.61	781.54	470.10	1000.20	738.65
021	149,501	4,485	021	368.39	795.27	478.90	1013.93	750.17
022	154,434	4,633	022	375.39	809.43	488.00	1028.09	762.06
023	159,531	4,786	023	382.62	824.04	497.40	1042.71	774.36
024	164,795	4,944	024	390.08	839.12	507.11	1057.78	787.05
025	170,233	5,107	025	397.80	854.68	517.14	1073.34	800.17
026	175,851	5,276	026	405.77	870.73	527.50	1089.39	813.72
027	181,654	5,450	027	414.00	887.29	538.20	1105.95	827.71
028	187,649	5,629	028	422.50	904.38	549.26	1123.04	842.17
029	193,841	5,815	029	431.29	922.00	560.68	1140.66	857.10
030	200,238	6,007	030	440.36	940.19	572.47	1158.85	872.53
031	206,846	6,205	031	449.74	958.95	584.66	1177.61	888.46
032	213,672	6,410	032	459.42	978.30	597.25	1196.96	904.93
033	220,723	6,622	033	469.43	998.27	610.25	1216.93	921.93
034	228,007	6,840	034	479.76	1018.87	623.69	1237.53	939.50
035	235,531	7,066	035	490.43	1040.12	637.56	1258.78	957.64
036	243,304	7,299	036	501.46	1062.04	651.90	1280.70	976.39
037	251,333	7,540	037	512.85	1084.65	666.70	1303.31	995.75
038	259,627	7,789	038	524.62	1107.98	682.00	1326.64	1015.76
039	268,194	8,046	039	536.77	1132.03	697.80	1350.70	1036.42
040	277,045	8,311	040	549.33	1156.85	714.12	1375.52	1057.76
041	286,187	8,586	041	562.30	1182.46	730.98	1401.12	1079.81
042	295,631	8,869	042	575.69	1208.86	748.40	1427.52	1102.58
043	305,387	9,162	043	589.53	1236.10	766.39	1454.77	1126.11

5.3. Identificación de los impactos ambientales sobre el caño Usivar

Para la identificación de las fuentes información se realizó una indagación científica, inicialmente en campo. Como información primaria, se efectuaron dos (2) recorridos al caño Usivar, específicamente sobre el área de influencia directa, teniendo como acceso las viviendas o empresas aledañas a esta. El recorrido se enfocó en identificar residuos sólidos, vertimientos de aguas residuales (domésticas o industriales) o aguas lluvias, invasión de la ronda de protección hídrica y su cobertura vegetal, puntos de captación de agua y/o procesos de deslizamiento o socavación. Como soporte del recorrido, se tomó el registro fotográfico de los puntos del caño Usivar que más se ven impactados, con el fin de poder analizarlos y cuantificarlos.

El objetivo del muestreo fue obtener una parte representativa del caño Usivar, para luego ser transferido al laboratorio para el respectivo análisis, momento en el cual la muestra debió conservar las características del material original. Para lograr el objetivo se requirió que la muestra conservara las concentraciones relativas de todos los

componentes presentes en el material original y que no hubieran ocurrido cambios significativos en su composición antes del análisis. En los recorridos se realizó toma de muestra de agua de esta fuente hídrica, tanto aguas arriba, como aguas abajo del punto de vertimiento de la PTAR y en el punto que tributa con el Río Charate. A su vez se tomaron muestras de agua residual a la entrada y a la salida de PTAR para realizar el análisis de los resultados de laboratorio.

Para este caso se realizó toma de muestra en un lugar representativo, en un determinado momento, la cual constituyó la composición del cuerpo de agua original para el lugar, tiempo y circunstancias particular, las cuales se van a tener en cuenta para su posterior análisis. Para esta actividad se contó con el apoyo del laboratorio de la Corporinoquia para los parámetros fisicoquímicos, el cual se encuentra acreditado por el IDEAM. Con el fin de identificar las condiciones de la calidad del agua del caño Usivar se realizó un muestreo simple mediante la toma de una muestra puntual. Los parámetros que se tuvieron en cuenta fueron:

- Fisicoquímicos: Oxígeno disuelto, DBO₅, DQO, SST, fenoles, conductividad, temperatura, cloruros, ortofosfatos.
- Microbiológicos: Coliformes totales y *E.coli*.

En la tabla 6 se muestra los recipientes utilizados para la recolección y análisis de las muestras, a la vez los parámetros analizados. Inicialmente para la toma de muestra simple, se utilizaron cuatro (4) recipientes: una botella ámbar de 1000 mL para el análisis de DBO₅, pH y sólidos suspendidos totales, una botella para la toma de oxígeno disuelto, una botella de 1000 mL de boca ancha para la toma de grasas y aceites, y una botella ámbar de 500 mL para el análisis de DQO. La muestra recolectada en este último recipiente fue preservada con 10 gotas de ácido sulfúrico (H₂SO₄).

Tabla 6. Elemento de laboratorio a emplear para el muestreo

Elementos de laboratorio				
Recipiente				
Volumen (mL)	1000	500	500	1000
Parámetro	DBO ₅ - pH	DQO	Oxígeno disuelto	Grasas y aceites

Fuente. Autor

Después de realizar la toma de muestra de agua, estas se llevaron al laboratorio de Corporinoquia, el cual está acreditado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM para realizar el análisis de las mismas.

Como información secundaria se hizo acopio de la información que reposa en los expedientes de la autoridad ambiental, en este caso Corporinoquia. Adicionalmente se investigó la información que existe en la Empresa de Acueducto Alcantarillado y Aseo de Yopal – EAAAY S.A E.S.P y en la Alcaldía de Yopal.

5.4. Análisis del nivel de impacto generado por la PTAR de Yopal

Con el propósito de analizar el nivel de impacto generado por la PTAR al caño Usivar, se utilizaron los resultados de los muestreos realizados, y se compararon con la normatividad ambiental vigente para este caso Decreto 1076 “Por medio del cual se expide el decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible” (MADS, 2015), y Resolución 631 “Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones” (MADS, 2015).

Conforme a los resultados obtenidos se comparó cada uno de los parámetros que determinan la calidad del agua del caño Usivar con los valores típicos para corrientes superficiales propuestos por la autoridad ambiental, teniendo en cuenta que el caño Usivar es tributario del río Charte y para este caso mediante Resolución N° 200.41.10-0373 del 01 de marzo de 2010, Corporinoquia estableció los objetivos de Calidad para Río Charte los cuales se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7. Objetivos de Calidad para el río Charte.

Objetivos de calidad rio charte																
Periodo 2010-2020																
CUENCA	SUBCUENCA	FUENTE RECEPTORA	TRAMO			OBJETIVOS DE CALIDAD Y USO DE LA CORRIENTE										
						Uso Preponderante	OD	DBO5	SST	GYA	CT	CF	Tº	Ph	OLOR	MF
			Nº	Punto inicial	Punto final		mg/L	mg/L	mg/L	Existencia de películas de aceite	NMP/100ml	°C	Unidad	Existencia	Existencia	
RIO CUSIANA	RIO CHARTE	CORRIENTE PRINCIPAL	31-32	NACEDERO RIO CHARTE	1073875.556 N 1177033.038 E	PRESERVACIÓN DE FAUNA Y FLORA, ABASTECIMIENTO DE AGUA 2, PISCICULTURA 1, RECREACIÓN 1	>5	≤6	≤5*	A	≤2000**	≤200	≤32	6.5-8.5	A	A
RIO CUSIANA	RIO CHARTE	CORRIENTE PRINCIPAL	32-33	1073875.556 N 1177033.038 E	1055131 N 1194694 E	ABASTECIMIENTO DE AGUA 2, PISCICULTURA 1 Y 2, RECREACIÓN 1, AGRICULTURA 2 Y 3	>4	≤6	≤25*	A	≤2000**	≤1000*	≤33	6.5-8.5	A	A
RIO CUSIANA	RIO CHARTE	CORRIENTE PRINCIPAL	33-34	1055131 N 1194694 E	DESEMBOCADURA RIO CHARTE AL CUSIANA	PECUARIO, AGRICULTURA 2 Y 3, PISCICULTURA 1	>4	≤15	≤25*	A	≤2400*	≤1000	≤34	5-9	A	A

Nota: ** Parámetro por fuera de los límites permisibles establecidos por la norma para el uso preponderante definido, debido a las características propias de la cauce en estudio.
* Parámetro más restrictivo para el uso preponderante definido, a fin de mantener las características propias de la corriente.

OD: Oxígeno disuelto CF: Coliformes fecales GYA: Película visible de Grasas y Aceites CT: Coliformes totales MF= Material Flotante A: significa Ausente
MF: Material Flotante

Fuente. Resolución N° 200.41.10-0373 “Por medio de la cual se establecen objetivos de Calidad de la Cuenca del Río Cusiana en jurisdicción de Corporinoquia, para el periodo 2010-2020”.

Se tuvo en cuenta el análisis de resultados tomados durante los años 2013 al 2016 por la autoridad ambiental, así como los tomados por la empresa de servicios públicos, con el fin de tener valores representativos y evaluar el impacto ambiental. Las muestras de agua se tomaron en la fuente hídrica, caño Usivar, 100 metros aguas arriba del vertimiento y 100 metros aguas abajo del vertimiento, con el fin de realizar una comparación de la calidad del agua antes y después del vertimiento

5.5. Evaluación del Impacto en la calidad del agua del caño Usivar

La evaluación de los impactos generados sobre la calidad del agua del caño Usivar, se realizó mediante la sustentación de cada uno de los impactos ambientales identificados, a fin de obtener jerárquicamente la importancia de cada uno de los impactos de acuerdo al grado de importancia de recuperabilidad en función de su calidad ambiental.

Para este caso se utilizó la matriz de Leopold, la cual pertenece a las matrices causa-efecto. Su formulación se realizó con la entrada de dos datos, donde las columnas están constituidas por las acciones que producen los impactos, y las filas constituyen los factores del medio susceptibles de recibir esos impactos, de esta forma se interaccionan las acciones con los efectos. En este método, se entiende por magnitud la extensión del efecto (en términos espaciales) y La importancia es una evaluación anticipada de las consecuencias del efecto (Buroz, 1986).

A través de la matriz de Leopold, se logró identificar una lista de acciones que impactan al caño Usivar, así como los elementos ambientales del área de influencia, posteriormente se ubicó organizadamente con el fin de evaluar la magnitud y la importancia de esta relación; una vez diligenciada se realizó el cálculo numérico y una identificación por medio de colores, para cada caso y de manera general.

6. Resultados

6.1. Recorrido y reconocimiento PTAR

El agua residual llega a la PTARD mediante dos tuberías las cuales se encuentran en el punto de distribución tal como se muestra en la Figura 4. Allí existen tres (3) compuertas, una de ellas tiene acceso al nuevo sistema de pre-tratamiento y las otras dos (2) tienen conexión al sistema de pre tratamiento antiguo. Según el operario de turno, manifestó que en temporada invernal por el aumento de caudal, es necesario hacer uso del sistema antiguo.

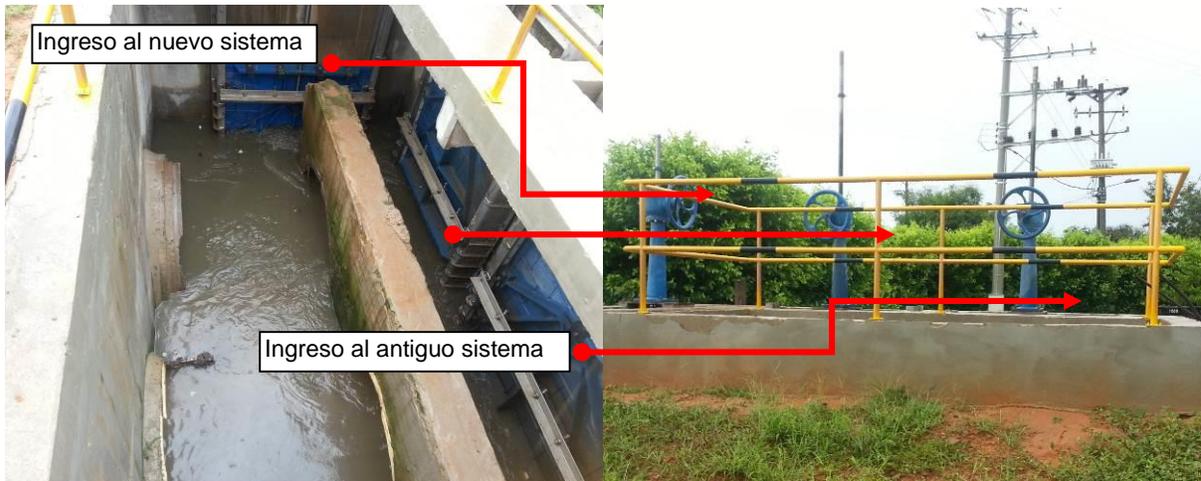


Figura 4. (a). Llegada de la tubería de recolección. (b). Control de las compuertas.

En la Figura 5 se presenta el diagrama de proceso dentro de la Planta de Tratamiento de Agua Residual del municipio de Yopal, a cargo de la Empresa de Aceducto, Alcantarillado y Aseo de Yopal E.I.C.E – E.S.P

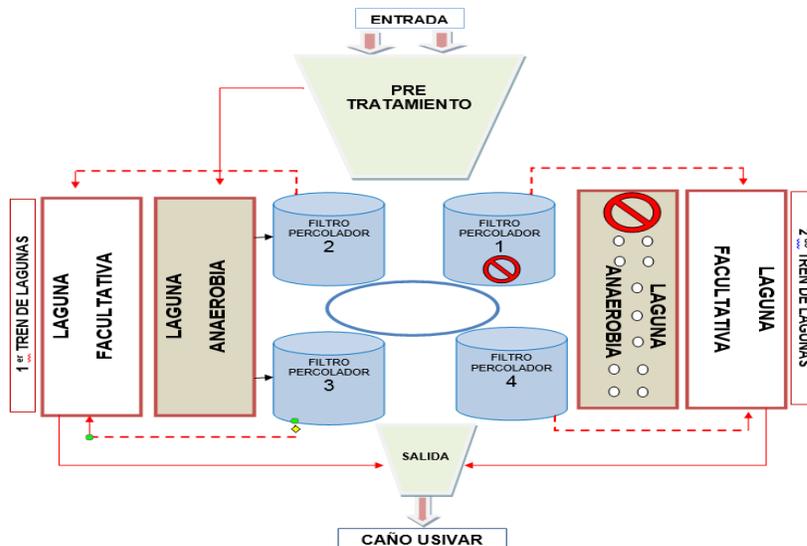


Figura 5. Diagrama del proceso.
Fuente. Corporinoquia -2014

La nueva estructura o sistema de pretratamiento a la entrada del proceso, está compuesta como se mencionó anteriormente por un sistema de direccionamiento por compuertas, zona de homogenización o entrada, rejillas retenedoras de material grueso, zona de sedimentación, canaleta parshall y zona de salida a tubería que conduce el agua residual al tren de lagunas aerobias y facultativas.



Figura 6. Secuencia del proceso. (a) Vista general del sistema de pretratamiento. (b) Punto de homogenización. (c) Rejillas de cribado. (d) Sistema de remoción de residuos sólidos. (e) Sedimentador. (f) Canaleta Parshall.

Tal como se muestra en el registro fotográfico (Figura 6), se evidenció que el desarenador está colmatado con lodo espeso y vegetación sobrenadante. Seguido al sistema de pretratamiento y como primera fase en el tratamiento de aguas residuales se ubicó el primer tren de lagunas, el cual inicia con la laguna anaerobia, cuyo objeto principal es la reducción de contenido en sólidos y materia orgánica del agua residual (Figura 7).



Figura 7. Laguna Anaerobia N° 1.

Es la única laguna anaerobia que se encuentra dentro de todo el sistema de tratamiento de la Planta, por lo tanto todo el agua residual llega a esta laguna, para luego ser enviada a los filtros percoladores.

Luego se verificó la laguna facultativa, de este primer tren de lagunas, cuya capacidad de tratamiento es de 100 L/s. Esta laguna cumple la función donde se remueve la mayoría de la fracción remanente de materia soluble por medio de la actividad de algas y bacterias heterotróficas. La Laguna facultativa N° 1, recibe el agua proveniente de los filtros percoladores N° 2 y N° 3 (Figura 8).



Figura 8. Laguna facultativa.

El segundo tren de lagunas, no opera en su totalidad, debido a que una de sus lagunas está deshabilitada desde el año 2011, cuando se planteó el sistema de

tratamiento COROH. En la Figura 9 se evidencia la Laguna Anaerobia N° 2, se encuentra con abundante cobertura vegetal.



Figura 9. Laguna anaerobia N. 2.

Después de la lagunas anaerobias, el agua residual es impulsada a través de sistema de bombas sumergidas a los cuatro (4) filtros percoladores de la PTARD de los cuales funcionan tres (3) dado que uno de ellos quedo inservible despues de declararse siniestro el el contrato de obra N° 0168-11. Estos filtros son unidades de tratamiento biológico que tienen la labor de remover la materia orgánica mediante la metabolización de esta a cargo de una población bacteriana adherida a un medio filtrante. A medida que las aguas negras se percolan por el medio, los microorganismos digieren y eliminan los contaminantes del agua (Figura 10).



Figura 10. Cuarto de bombas sumergibles y filtros percoladores.

En el momento de la visita realizada, no se encontraban funcionando los filtros debido a un problema con las bombas sumergibles, sin embargo el 30 de mayo de 2014, se encontraban funcionando dos (2) filtros (Figura 11).



Figura 11. Filtros percoladores en funcionamiento.

La PTAR cuenta con dos (2) puntos de vertimiento al caño Usivar, una de ellos es el vertedero de excesos que cuenta con una tubería de salida de 36" y una canaleta parshall para medición del caudal, tal como se muestra en la Figura 12a. El otro punto de vertimiento, es la descarga continua a través de la tubería de 18" seguida por una canaleta parshall (Figura 12b), este punto se encuentra en las coordenadas geográficas N:5°17'25.27" y E:72°24'36.26".



a
b
Figura 12. (a) Vertedero excesos 36". (b) Salida 18" punto de vertimiento.

A continuación se observa el caño Usivar aguas arriba del vertimiento (Figura 13). En el punto de vertimiento y aguas abajo del vertimiento, se evidenció gran cantidad de tensoactivos.

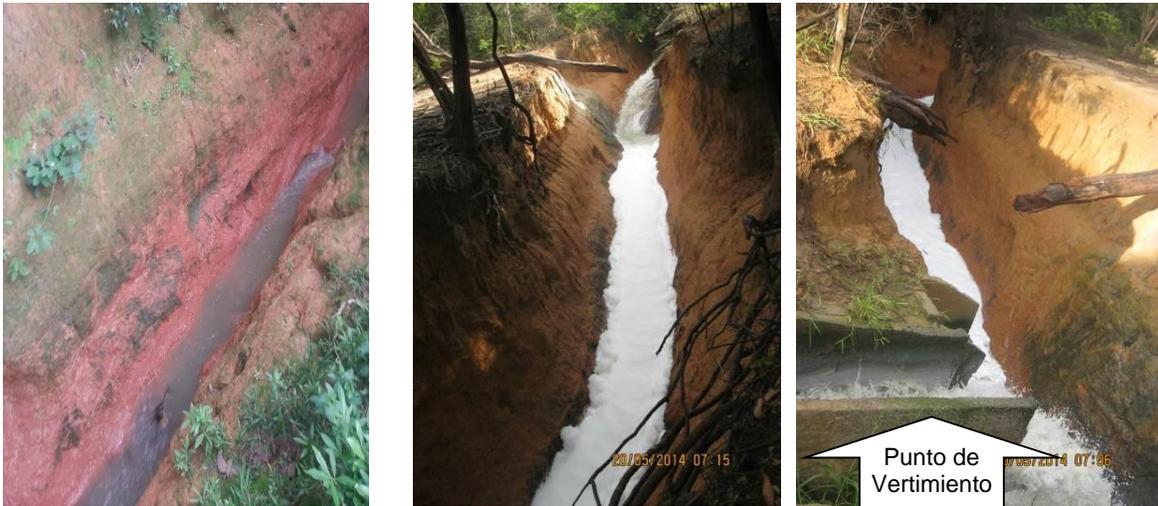


Figura 13. Caño Usivar aguas arriba canaleta de 36". Caño Usivar aguas abajo del vertimiento de la PTARD.

Con el fin de evaluar hidráulicamente la PTAR fue empleados los parámetros fisicoquímicos obtenidos de información previa suministrada por la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Yopal. E.I.C.E – E.S.P, la cual se encuentra disponible en el Anexo 1. Sistema de Tratamiento del proyecto.

La evaluación hidráulica realizada a la PTAR fue desarrollada teniendo en cuenta el caudal medio de tratamiento tanto al año actual (2017, 342.56 L/s) como al año de proyección (2043, 589.53 L/s). A continuación, se presenta el diagnóstico realizado para la Carga Orgánica Superficial a la salida de cada laguna, tomando en cuenta dos escenarios, correspondientes al año inicial de la evaluación y el periodo de diseño, 2017 y 2043 respectivamente, y su evaluación con base al Artículo 199 de la Resolución 330 de 2017.

El cálculo para el caso de la Laguna Facultativa Antigua:

Ancho:	104 m
Largo:	130 m
Profundidad:	6.78 m
Concentración DBO ₅ 2017:	387 mg/l
Caudal 2017:	342.56 L/s (Obtenido de la Proyección)

Carga Orgánica DBO₅ 2017:

Concentración DBO₅ x Caudal → 387mg/l *342.56 L/s/1000* 86400 = **11454.01 Kg DBO₅/d**

$$387 \frac{mg}{L} * 342,56 \frac{L}{s} * \frac{86400}{1} s/ dia * \frac{1}{1000000} kg/mg = 11454,11 Kg DBO_5/dia$$

Área:

Ancho x Largo → 104 m * 130 m = **13,505.40 m²**

Volumen:

Área x Profundidad → 13,505.40 m² * 6,78 m = **91,566.62 m³**

Carga Orgánica Superficial:

CO 2017/ (A/1000) → 11454.01 Kg DBO₅/d/(13,505.40 m²/1000) = **8,481 Kg DBO₅/m²-día**

Tabla 8. Análisis Carga Orgánica Superficial – COS.

Carga Orgánica Superficial (COS)				
Lagunas	Actual (2017) kg DBO ₅ / ha*d	Futura (2043) kg DBO ₅ / ha*d	Resolución 330 de 2017 – art 199	Cumple
Laguna Facultativa Antigua	8,481	14,596	100 y 350 KgDBO ₅ /ha*día	No
Laguna Anaerobia Antigua	409.958	705.529	100 y 500 KgDBO ₅ /ha*día	Si
Laguna Facultativa Nueva	9,329	16,055	100 y 350 KgDBO ₅ /ha*día	No
Laguna Anaerobia Nueva	96.694	143.169	100 y 500 KgDBO ₅ /ha*día	Si

A continuación, se presenta el diagnóstico realizado para el Tiempo de Retención Hidráulico de cada laguna, tomando en cuenta dos escenarios, correspondientes al año inicial de la evaluación y el periodo de diseño, 2017 y 2043 respectivamente, y su evaluación con el Artículo 199 de la Resolución 330 de 2017.

Se presenta el ejemplo del cálculo para el caso de la Laguna Facultativa Antigua:

Ancho: 104 m
Largo: 130 m
Profundidad: 6.78 m
Caudal 2017: 342.56 L/s (Obtenido de la Proyección)

Área:

Ancho x Largo → 104 m * 130 m = **13,505.40 m²**

Volumen:

Área x Profundidad → 13,505.40 m² * 6.78 m = **91,566.62 m³**

Tiempo de Retención Hidráulico:

Volumen / Caudal → 91,566.62 m³ / 29596.93 m³/d = **3 días**

Tabla 9. Análisis Tiempo De Retención Hidráulico (TRh).

Tiempo De Retención Hidráulico (TRh)					
Lagunas	Actual (2017) días	Futura (2043) días	Resolución 330 de 2017	Cumple (2017)	Cumple (2043)
Laguna Facultativa Antigua	3	2	5 a 30 días	No	No
Laguna Anaerobia Antigua	0,94	0,55	1 y 3 días	No	No

Tiempo De Retención Hidráulico (TRh)					
Lagunas	Actual (2017) días	Futura (2043) días	Resolución 330 de 2017	Cumple (2017)	Cumple (2043)
Laguna Facultativa Nueva	3	2	5 a 30 días	No	No
Laguna Anaerobia Nueva	0,94	0,55	1 a 3 días	No	No

De acuerdo con los parámetros de evaluación hidráulica para Plantas de Tratamiento de Aguas residuales a partir de lagunas de estabilización facultativas dictadas por la resolución 330 de 2017 Art 199, se tiene que el tiempo de retención hidráulico para el periodo de actual y de diseño no cumple con lo establecido pues este debe variar de 5 a 30 días, así mismo para la laguna anaerobia, cuyos tiempo de retención según la normatividad vigente, deben variar de 1 a 3 días.

6.2. Toma de muestras PTAR, caño Usivar y río Charte

Con el objetivo de verificar el cumplimiento de los porcentajes de remoción y la carga contaminante vertida, Corporinoquia realizó monitoreo compuesto de 24 horas iniciando el día 20 de mayo a las 6:00am y terminando el día 21 de mayo a las 5.30am cada dos (2) horas.



Figura 14. Aforo de caudal entrada PTARD.



Figura 15. (a-b) Aforo caudal salida PTARD. (c-d) Toma de muestra caño Usivar, aguas arriba. (e-f) Toma de muestras aguas abajo. (g) Río Charte aguas abajo. (h) Río Charte, aguas arriba.

Los resultados fueron reportados por el Laboratorio Ambiental de CORPORINOQUIA, el cual está en proceso de renovación de acreditación por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM.



Figura 16. Entrega de muestras en el laboratorio.

Medición de caudal

El caudal fue medido mediante el método de flotador, el cual es un método sencillo que permite calcular el caudal. Se requirió para realizarlo una cinta métrica, cronómetro y un flotador visible.



Figura 17. Elementos con los cuales se realizó el aforo.

Se eligió un tramo, donde se observó poca turbulencia e irregularidades. Una vez medida la distancia donde se iba a medir la velocidad, se arrojó el flotador al agua y se midió el tiempo que tarda en recorrer la distancia elegida, repitiéndose la operación varias veces con el fin de obtener un menor rango de error.

Calculo de caudal por el método de flotador:

$$Q = \frac{A \cdot P \cdot L}{T}$$

$$Q = m^3 / s$$

Dónde:

A= Anchura media del canal.

P= Profundidad media.

L= Longitud de la sección del canal.

t = Tiempo en segundos que tarda el flotador en recorrer la distancia L .

a = Factor constante para cada tipo de suelo; 0,9 arena, 8,5 arcilla y 0,6 concreto

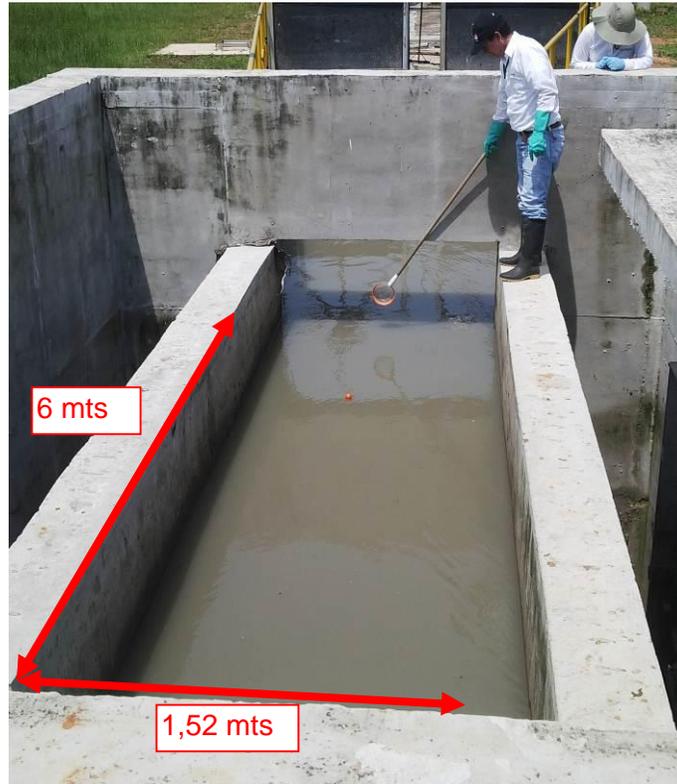


Figura 18. Área del aforo a la entrada del sistema de tratamiento.

Tabla 10. Cálculo caudal a la entrada del sistema de tratamiento.

TOMA	HORA	ALTURA LÁMINA DE AGUA (m)	TIEMPOS PROMEDIO (seg)	CAUDAL Q (L/s)
1	06:00 am	0,72	15,79	249,51
2	08:00 am	0,82	9,50	472,32
3	10:00 am	0,72	10,93	360,46
4	12:00 pm	0,79	10,97	394,06
5	02:00 pm	0,74	11,88	340,85
6	04:00 pm	0,86	12,33	381,66
7	06:00 pm	0,66	17,82	202,67
8	08:00 pm	0,79	13,63	317,16
9	10:00 pm	0,81	11,53	384,42
10	12:00 am	0,62	10,84	312,97
11	02:00 am	0,59	23,13	139,58
12	04:00 am	0,56	23,46	130,62
PROMEDIOS		0,72	14,32	307,19

Caudal promedio de entrada → 307,19 L/s

AFORO SALIDA PTAR:

Tabla 11. Cálculo caudal a la salida del sistema de tratamiento

TOMA	HORA	ALTURA LÁMINA DE AGUA (m)	TIEMPOS PROMEDIO (seg)	CAUDAL Q (L/s)
1	06:00 am	0,44	10,66	312,47
2	08:00 am	0,44	9,13	360,79
3	10:00 am	0,44	8,61	382,48
4	12:00 pm	0,46	9,55	360,68
5	02:00 pm	0,48	10,54	343,14
6	04:00 pm	0,48	10,76	336,25
7	06:00 pm	0,44	10,33	323,42
8	08:00 pm	0,50	8,70	426,80
9	10:00 pm	0,50	9,13	395,67
10	12:00 am	0,50	9,53	395,30
11	02:00 am	0,47	9,58	369,71
12	04:00 am	0,44	10,46	319,34
PROMEDIOS		0,47	14,32	360,50

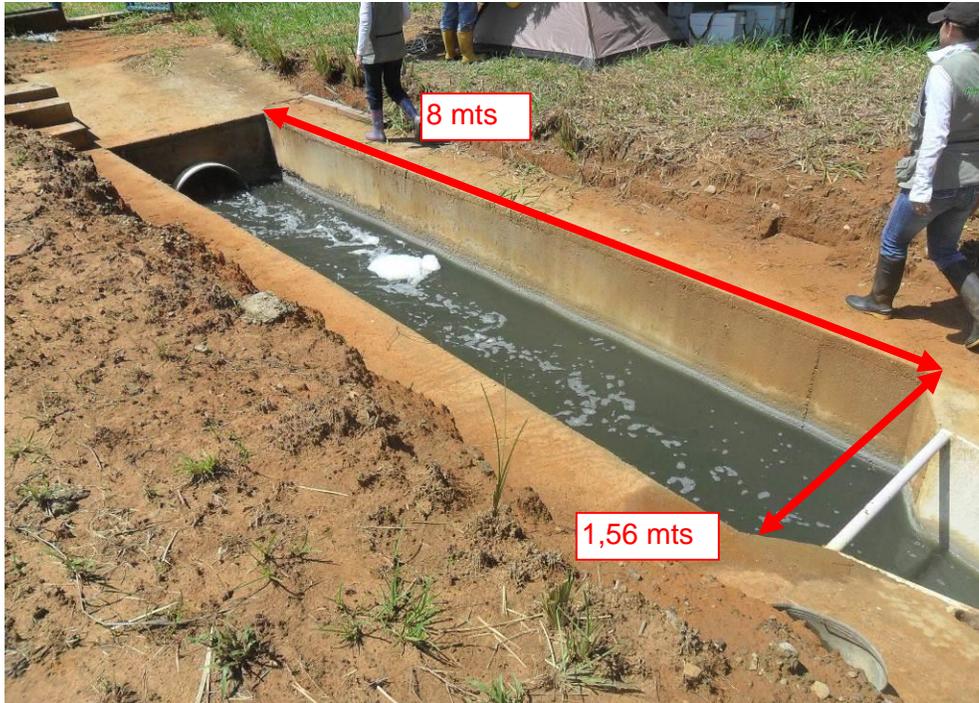


Figura 19. Área del aforo a la entrada del sistema de tratamiento.

6.3. Caracterización del área de influencia directa

Para realizar la caracterización del área de influencia fue necesario realizar visita los días 23 y 24 de enero de 2015, y del 01 al 03 de agosto del año 2015. En la primera visita fueron levantados un total de 73 puntos de interés sobre el caño Usivar, la distancia total aproximada desde el punto de inicio (P1) hasta el punto de finalización (P73) fue de 5.5 Km. A continuación, se presenta gráficamente los puntos levantados en la primera visita (Figura 19).

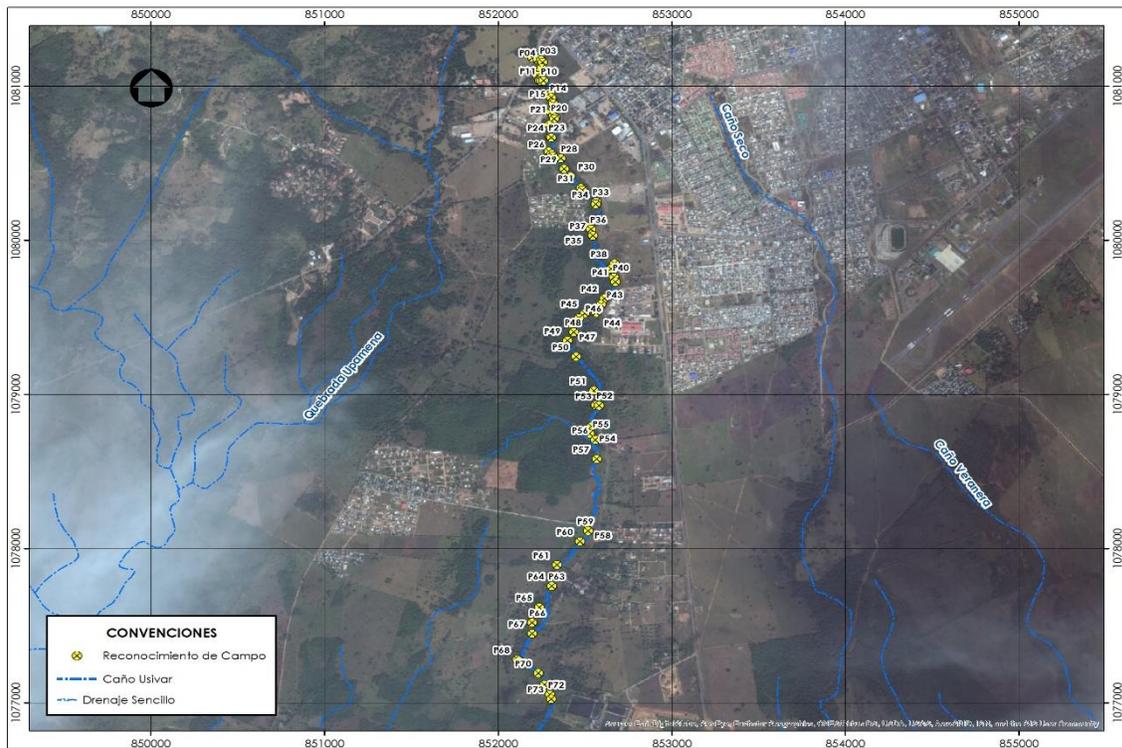


Figura 20. Puntos Levantados, primera visita.

El área de influencia se encuentra ubicada en Municipio de Yopal en la cuenca media y baja del Caño Usivar; por lo que se realizaron dos visitas a la zona de influencia. En la primera visita se levantaron 73 puntos de interés sobre el caño Usivar, la distancia total aproximada desde el punto de inicio (P1) hasta el punto de finalización (P73) fue de 5.5 Km.

En la segunda visita se levantaron 20 puntos de interés sobre el Caño Usivar, la distancia total aproximada desde el punto de inicio (P1) hasta el punto de finalización (P22) fue de 9.00 Km.

El recorrido por el área de influencia se hizo con acompañamiento de algunas personas de la comunidad y el monitoreo realizado se realizó con acompañamiento a profesionales de Corporinoquia en el marco del control y seguimiento a la PTAR, caño Usivar y Río Charte.

6.3.1. Primera visita de campo

A continuación, se presentan algunos de los puntos relevantes levantados, dando a conocer sus especificaciones geográficas y el registro fotográfico tomado de forma directa por el equipo de campo.

Punto número 1

En el punto número 1 se dio inicio al recorrido, realizando el descenso al caño Usivar a la altura de la transversal 18 (Figura 21). A continuación, se presentan las características geográficas del punto No 1 (Tabla 12).

Tabla 12. Datos punto 1.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P01	1081182.786	852200.401	337.714

A continuación, se presenta el registro fotográfico capturado del P1:



Figura 21. Registro Fotográfico Punto No. 1

Punto número 2

En este punto se puede identificar una gran cantidad de residuos a orillas del caño, además ropa vieja y rastros de incendios de posibles habitantes de la calle que se toman el mismo como zona de hábitat (Figura 21). A continuación, se presentan las características geográficas del punto No 2 (Tabla 13).

Tabla 13. Datos punto 2.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P02	1081171.879	852231.089	331.514



Figura 22. Registro Fotográfico Punto No. 2

Punto número 3

En el punto número 3 se identificó una estructura de vertimiento de aguas lluvia que cae directamente al caño Usivar, sobre esta se presenta una abundante cantidad de material orgánico como hojas secas (Figura 23). Las características geográficas del punto No 3 se presentan en la Tabla 14.

Tabla 14. Datos punto 3.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P03	1081166.198	852249.703	334.670



Figura 23. Registro Fotográfico Punto No 3.

Punto número 4

En este punto se presentó un estancamiento de aguas posiblemente contaminada ya que se observó un color oscuro y abundante material flotante como hojas secas y residuos (Figura 24). A continuación, se presentan las características geográficas del punto No 4 (Tabla 15).

Tabla 15. Datos punto 4.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P04	1081153.570	852257.991	329.885



Figura 24. Registro Fotográfico Punto No 4.

Punto número 5

En este punto se presentó una gran cantidad de desechos acumulados a orillas del caño, dentro de ellos se encontraron plásticos, ropa vieja y residuos orgánicos (Figura 25). A continuación, se presentan las características geográficas del punto No 5 (Tabla 16).

Tabla 16. Datos punto 5.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P05	1081118.184	852252.925	332.518



Figura 25. Registro Fotográfico Punto No 5.

Punto número 6

En este punto se puede observar la acumulación y estancamiento de agua posiblemente contaminada por vertimientos de agua residual, residuos o desechos orgánicos pues el olor que se presenta es bastante desagradable (Figura 26). Las características del punto se relacionan en la Tabla 17.

Tabla 17. Datos punto 6.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P06	1081093.387	852261.852	333.447



Figura 26. Registro Fotográfico Punto No 6.

Punto número 7

En este punto se puede observar el estancamiento de aguas contaminadas por el posible vertimiento de aguas residuales, además desde la lejanía se halla una manguera por la cual se realiza la succión o captación de agua (Figura 27). A continuación, se presentan las características geográficas del punto No 7 (Tabla 18).

Tabla 18. Datos punto 7.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P07	1081086.474	852236.226	331.126



Figura 27. Registro Fotográfico Punto No 7.

Punto número 8

En este punto se puede observar una manguera de succión que es usada para la captación de agua por parte de una carpintería ubicada en laderas del caño a una distancia de aproximadamente 15 m, también se observan los residuos que la carpintería genera y que son desechados muy cerca al cauce del caño Usivar (Tabla 19, Figura 28).

Tabla 19. Datos punto 8.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P08	1081067.576	852228.424	333.340



Figura 28. Registro Fotográfico Punto No 8

Punto número 9

En este punto se puede observar una manguera de succión que es usada para la captación de agua por parte de una planta de prefabricado ubicada en laderas del caño, además se presenta estancamiento de aguas y proliferación de malos olores (Tabla 20, Figura 29).

Tabla 20. Datos punto 9.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P09	1081035.693	852240.662	329.199



Figura 29. Registro Fotográfico Punto No 9.

Punto número 10

En este punto se presenta acumulación de residuos y de llantas sobre el caño Usivar, además desprendimiento de árboles y estancamiento de agua lo cual produce mal olor (Tabla 21, Figura 30).

Tabla 21. Datos punto 10.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P10	1081033.686	852247.975	334.851



Figura 30. Registro Fotográfico Punto No 10.

Punto número 11

En este punto se presenta acumulación de residuos como troncos de árboles, plásticos y ropa vieja, obstruyendo el paso y la circulación del agua. Además, se presenta estancamiento de agua posiblemente contaminada por vertimientos (Tabla 22, Figura 31).

Tabla 22. Datos punto 11.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P11	1081035.092	852262.614	337.478



Figura 31. Registro Fotográfico Punto No 11.

Punto número 12

En este punto se presenta acumulación de residuos como troncos de árboles, plásticos y ropa vieja, además del tramo P11 al tramo P12, el caño se encuentra totalmente seco (Tabla 23, Figura 32).

Tabla 23. Datos punto 12.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P12	1080954.605	852295.590	329.564



Figura 32. Registro Fotográfico Punto No 12.

Punto número 13

En este punto se presenta estancamiento de aguas, sin embargo, se evidencia la formación de vida acuática, lo que indica una baja contaminación, además el agua no presenta mal olor (Tabla 24, Figura 33).

Tabla 24. Datos punto 13.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P13	1080940.985	852301.992	332.376



Figura 33. Registro Fotográfico Punto No 13.

Punto número 14

En este punto se presenta la acumulación de residuos y de material orgánico como hojas secas y troncos de árboles, además se puede determinar la posible presencia de habitantes de calle ya que se encuentra ropa vieja, y plásticos que forman cambuches (Tabla 25, Figura 34).

Tabla 25. Datos punto 14.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P14	1080925.487	852307.834	328.782



Figura 34. Registro Fotográfico Punto No 14.

Punto número 15

En este punto se identifica una empresa en laderas de río, ubicada a no más de 15m de la orilla, además se presenta una gran cantidad de llantas sobre el caño y desperdicios que generan acumulación de residuos (Tabla 26, Figura 35).

Tabla 26. Datos punto 15.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P15	1080885.868	852316.840	322.680



Figura 35. Registro Fotográfico Punto No 15.

Punto número 16

En este punto se identifica una casa en laderas del caño Usivar, ubicada a no más de 2 m de la orilla, por lo cual se presenta un incumplimiento en la normatividad ambiental pertinente, además desde esta casa se desprende un tubo de aproximadamente 4" por el cual se realizan vertimientos de aguas residuales al caño (Tabla 27, Figura 36).

Tabla 27. Datos punto 16.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P16	1080830.472	852306.410	333.196



Figura 36. Registro Fotográfico Punto No 16.

Punto número 17

En este punto hay un derrumbe al parecer reciente, de una posible construcción u obra hidráulica realizada, que por la falta de mantenimiento colapsó (Tabla 28, Figura 37).

Tabla 28. Datos punto 17.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P17	1080802.795	852317.548	334.659



Figura 37. Registro Fotográfico Punto No 17

Punto número 21

En este punto de la misma forma que en el P17, existe un derrumbe de tierra por una posible falla geológica de la corteza terrestre aledaña al caño Usivar, también se puede evidenciar la socavación que ha producido el agua a través del tiempo y el derrumbe de árboles sobre el cauce del mismo caño (Tabla 29, Figura 38).

Tabla 29. Datos punto 21.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P21	1080788.625	852322.618	327.851



Figura 38. Registro Fotográfico Punto No 21.

Punto número 23

En este punto se halla un puente el cual se ubica sobre la calle 28, cruzando el caño Usivar, esta vía conduce hacia los barrios Santo Domingo y 7 de agosto. En este punto se puede evidenciar que el caño se encuentra totalmente seco y sobre él hay abundantes residuos (Tabla 30, Figura 39).

Tabla 30. Datos punto 23.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P23	1080669.649	852301.960	327.701



Figura 39. Registro Fotográfico Punto No 23.

Punto número 27

En este punto se encuentra un artefacto de tipo electrónico el cual fue dispuesto sobre el caño, siendo este un residuo de tipo peligroso, lo cual indica un grado de contaminación peligroso sobre las aguas que fluyen allí (Tabla 31, Figura 40).

Tabla 31. Datos punto 27.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P27	1080545.183	852313.999	325.575



Figura 40. Registro Fotográfico Punto No 27.

Punto número 31

En este punto hay una acumulación excesiva de residuos tal como plásticos, colchones, residuos de comida, troncos de árboles, impidiendo el paso o la fluidez del agua sobre el caño lo cual produce estancamiento y destrucción del paisaje (Tabla 32, Figura 41).

Tabla 32. Datos punto 31.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P31	1080337.979	852478.863	322.685



Figura 41. Registro Fotográfico Punto No 31.

Punto número 32

En este punto se encuentra el barrio 7 de agosto, las casas se hallan a una distancia aproximada de 60 m, también se puede observar una acumulación de nidos de hormiga los cuales producen cárcavas por debajo de la tierra, desprendiéndola y generando erosión del suelo (Tabla 33, Figura 42).

Tabla 33. Datos punto 32.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P32	1080324.911	852486.374	329.097



Figura 42. Registro Fotográfico Punto No 32.

Punto número 34

En este punto hay un canal formado naturalmente el cual llega al caño Usivar, arrastrando las aguas lluvias generadas en épocas de invierno (Tabla 34, Figura 43).

Tabla 34. Datos punto 34.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P34	1080234.928	852562.461	323.677



Figura 43. Registro Fotográfico Punto No 34.

Punto número 36

En este punto se encuentra el puente de la calle 40 con Usivar, allí se puede observar que hay abundantes residuos, y el caño se encuentra totalmente seco, posiblemente hay un vertimiento de aguas residuales sin embargo en ese momento no se logró identificar (Tabla 35 y Figura 44).

Tabla 35. Datos punto 36.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P36	1080070.391	852536.385	324.326



Figura 44. Registro Fotográfico Punto No 36.

Punto número 38

En este punto existe una estructura construida para la entrada de aguas lluvia hacia el caño Usivar mediante un pequeño box, se halla abundante residuos y desperdicios por parte de la comunidad aledaña (Tabla 36, Figura 45).

Tabla 36. Datos punto 38.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P38	1079846.883	852670.948	321.655



Figura 45. Registro Fotográfico Punto No 38.

Punto número 41

En este punto hay un posible canal de aguas lluvia formada de manera natural que recae directamente sobre el caño Usivar (Tabla 37, Figura 46).

Tabla 37. Datos punto 41.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P41	1079728.293	852676.791	316.397



Figura 46. Registro Fotográfico Punto No 41.

Punto número 43

En este punto hay una obstrucción del paso sobre el caño, debido al derrumbe de un árbol y la acumulación de abundantes residuos sobre é (Tabla 38, Figura 47).

Tabla 38. Datos punto 43.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P43	1079582.906	852592.658	326.888



Figura 47. Registro Fotográfico Punto No 43.

Punto número 47

En este punto hay una acumulación de agua estancada, posiblemente contaminada por vertimientos pues su color se torna negro y la proliferación de mal olor y vectores es en gran magnitud (Tabla 39, Figura 48).

Tabla 39. Datos punto 47.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P47	1079460.822	852422.425	327.023



Figura 48. Registro Fotográfico Punto No 47.

Punto número 52

En este punto se encuentra un viaducto de aguas residuales el cual cruza el caño Usivar, desde este tubo se realiza un aporte de aguas negras directamente sobre el cauce del mismo ya que sufrió un daño estructural debido a un posible acto de robo. El olor en la zona es extremadamente desagradable, afectando a la comunidad aledaña, además desde punto 50 en adelante se tiene estancamiento de este tipo de aguas (Tabla 40, Figura 49).

Tabla 40. Datos punto 52.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P52	1078929.797	852561.983	319.553



Figura 49. Registro Fotográfico Punto No 52.

Punto número 55

En este punto nuevamente el cauce del caño se ve obstruido por el derrumbe de un árbol, la acumulación de residuos y el estancamiento de aguas negras, allí la proliferación de vectores es en gran cantidad y el olor generado es bastante fuerte (Tabla 41, Figura 50).

Tabla 41. Datos punto 55.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P55	1078746.034	852526.219	307.029



Figura 50. Registro Fotográfico Punto No 55.

Punto número 57

En este punto se halla una estructura similar a un aliviadero mediante el cual se realiza la disposición de aguas lluvia directamente sobre el caño Usivar (Tabla 42, Figura 51).

Tabla 42. Datos punto 57.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P57	1078581.902	852568.887	304.532



Figura 51. Registro Fotográfico Punto No 57.

Punto número 58

En este punto se encuentra el puente de la calle 60 que cruza el caño Usivar, allí se puede observar que el caño está totalmente seco y la temperatura aumenta drásticamente. Se presenta una acumulación de residuos y de residuos orgánicos (Tabla 43, Figura 52).

Tabla 43. Datos punto 58.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P58	1078165.119	852512.997	297.595



Figura 52. Registro Fotográfico Punto No 58.

Punto número 59

En este punto se encuentran nuevamente dos aliviaderos a cada costado del cauce del caño Usivar, estos fueron construidos recientemente debido a una optimización realizada sobre la carretera de la calle 60, sin embargo, al parecer aún no han sido terminados (Tabla 44, Figura 53).

Tabla 44. Datos punto 59.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P59	1078115.994	852518.658	305.462



Figura 53. Registro Fotográfico Punto No 59.

Punto número 61

En este punto se encuentran un aliviadero el cual no ha sido terminado, pues las obras que se presentan allí parecen abandonadas. Sobre el cauce del caño se hallan varillas de hierro, y residuos (Tabla 45, Figura 54).

Tabla 45. Datos punto 61.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P61	1077895.262	852339.339	303.707



Figura 54. Registro Fotográfico Punto No 61.

Punto número 65

Del P62 al P5 se encuentran varios predios aledaños al caño Usivar, sin embargo, al parecer estas propiedades no realizan ningún tipo de vertimiento sobre el cauce del mismo, los propietarios de estos predios son dirigentes políticos tales como ministros y gobernantes (Tabla 46, Figura 55).

Tabla 46. Datos punto 65.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P65	1077619.716	852239.402	294.423



Figura 55. Registro Fotográfico Punto No 65.

Punto número 66

En este punto se encuentra un puente formado por tubos de hierro, este puente cruza el caño Usivar adentrando la carretera a los predios cercanos a las lagunas de oxidación en donde se realiza el tratamiento de aguas residuales del municipio de Yopal (Tabla 47, Figura 56).

Tabla 47. Datos punto 66.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P66	1077521.472	852196.724	295.440



Figura 56. Registro Fotográfico Punto No 66

Punto número 73

En este punto se encuentra la descarga de aguas residuales tratadas mediante las lagunas de oxidación del municipio de Yopal, el tubo es de aproximadamente 16" y se halla una canaleta parshall que conduce el agua directamente hacia el caño Usivar (Tabla 48, Figura 57).

Tabla 48. Datos punto 73.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P73	1077025.799	852305.762	292.760



Figura 57. Registro Fotográfico Punto No 73.

Es importante resaltar que se logró identificar tres (3) puntos de vertimientos directo sobre el Caño, los cuales, de acuerdo a la numeración dada en el presente documento, corresponde a los puntos denominados P16, P52 y P73.

La generación de olores ofensivos sobre el Caño, empieza a desarrollarse sobre las proximidades de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, ya que a esta altura el Caño ha recibido parte de la contaminación y adicionalmente su cauce se va reduciendo debido a problemáticas como la deforestación.

6.3.2. Segunda visita de campo

A continuación, se presentan algunos de los puntos relevantes levantados, dando a conocer sus especificaciones geográficas y el registro fotográfico tomado de forma directa por el equipo de campo.

Punto número 2

En el punto número 2 se da inicio al recorrido sobre la descarga de aguas lluvia que realiza la PTAR San Rafael al Caño Usivar. A continuación, se presentan las características geográficas del punto No 2 (Tabla 49, Figura 58).

Tabla 49. Datos punto 2.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P2	5°17'29.12"N	72°24'34.69"O	294



Figura 58. Registro Fotográfico Punto No 2.

Punto número 3

En este punto se puede identificar la segunda descarga que realiza la PTAR San Rafael directamente sobre el Caño Usivar de las aguas tratadas por las lagunas facultativas. A continuación, se presentan las características geográficas del punto No 3 (Tabla 50, Figura 59).

Tabla 50. Datos punto 3.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P3	5°17'25.24"N	72°24'36.06"O	295



Figura 59. Registro Fotográfico Punto No 3.

Punto número 4

En el punto número 4 se identifica una estructura de vertimiento de aguas residuales que cae directamente al Caño Usivar mediante un tubo en PVC de 42" aproximadamente, sobre esta descarga se presenta abundante cantidad de material orgánico como hojas secas. Según la dirección del tubo se sospecha que venga directamente de las empresas que se encuentran en la zona, tales como Bavaria, El molino, Esmocol y Celpel. A continuación, se presentan las características geográficas del punto No 4 (Tabla 51, Figura 60).

Tabla 51. Datos punto 4.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P4	5°17'9.01"N	72°24'42.34"O	293



Figura 60. Registro Fotográfico Punto No 4.

Punto número 5

En este punto se presenta un posible vertimiento de aguas residuales que viene directamente de una empresa dedicada al cultivo y procesamiento de arroz (Tabla 52, Figura 61).

Tabla 52. Datos punto 5.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P05	5°14'50.85"N	72°24'33.81"O	266



Figura 61. Registro Fotográfico Punto No 5.

Punto número 6

Desde otro punto cercano al pozo de agua residual identificado anteriormente se presenta un drenaje de agua con un color aparentemente extraño el cual proviene de la zona en donde se ubican algunas empresas dedicadas a la plantación y procesamiento de arroz (Tabla 53, Figura 62).

Tabla 53. Datos punto 6.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P6	5°14'53.14"N	72°24'35.87"O	265



Figura 62. Registro Fotográfico Punto No 6.

Punto número 7

En este punto se puede observar el vertimiento de aguas residuales realizado sobre el caño USIVAR por un matadero aledaño a la zona según lo dicho por los habitantes del sector vereda San Rafael (Tabla 54, Figura 63).

Tabla 54. Datos punto 7.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P7	5°14'50.67"N	72°24'26.98"O	262



Figura 63. Registro Fotográfico Punto No 7.

Punto número 8

La descarga realizada desde este punto al caño USIVAR se da aparentemente desde un matadero localizado aledaño al puente que se presenta en el registro fotográfico, sin embargo, el vertimiento no logro ser encontrado pero los habitantes de la zona aseguran que allí si se presenta tal problemática (Tabla 55, Figura 64).

Tabla 55. Datos punto 8.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P8	1081086.474	852236.226	331.126



Figura 64. Registro Fotográfico Punto No 8.

Punto número 9

En este punto se puede observar un tubo de unas 3" que proviene de una casa aledaña al caño USIVAR, la cual se ubica a escasos 30 m de su cauce (Tabla 56, Figura 65).

Tabla 56. Datos punto 9

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P09	5°14'50.48"N	72°24'36.86"O	262



Figura 65. Registro Fotográfico Punto No 9.

Punto número 10

En este punto se puede observar un colchón viejo, el cual fue arrojado sobre el afluente del caño USIVAR y se posiciono sobre una roca, impidiendo el flujo de agua normal (Tabla 57, Figura 66).

Tabla 57. Datos punto 10

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P10	5°14'49.56"N	72°24'44.42"O	329.199



Figura 66. Registro Fotográfico Punto No 10.

Punto número 11

En este punto se presenta acumulación de material orgánico tal como troncos de árboles, maleza y hojas sobre el cauce principal del caño USIVAR (Tabla 58, Figura 67).

Tabla 58. Datos punto 11

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P11	5°14'29.45"N	72°24'19.12"O	252



Figura 67. Registro Fotográfico Punto No 11.

Punto número 13

En este punto se presenta acumulación de basura y residuos peligrosos sobre el cauce del Caño Usivar. En el registro fotográfico presentando a continuación se puede observar un pedazo de hojalata desprendido de algún vehículo y tirado directamente al caño (Tabla 59, Figura 68).

Tabla 59. Datos punto 13.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P13	5°14'54.00"N	72°24'52.21"O	259



Figura 68. Registro Fotográfico Punto No 13.

Punto número 14

En este punto se presenta uno de los drenajes de aguas lluvias identificados, que descargan las aguas directamente sobre el Caño Usivar (Tabla 60, Figura 69).

Tabla 60. Datos punto 14

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
P14	5°14'19.58"N	72°24'17.35"O	253



Figura 69. Registro Fotográfico Punto No.14.

En la siguiente tabla se presenta el consolidado de los puntos levantados, así como su descripción y características geográficas:

Tabla 61. Puntos levantados en la primera visita.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)	Observación
P01	1081182.786	852200.401	337.714	Inicio de recorrido, viaducto de aguas Residuales. Residuos
P02	1081171.879	852231.089	331.514	Presencia de Residuos
P03	1081166.198	852249.703	334.670	Vertimiento de Aguas lluvia por aliviadero
P04	1081153.570	852257.991	329.885	Agua Estancada
P05	1081118.184	852252.925	332.518	Presencia de Residuos
P06	1081093.387	852261.852	333.447	Agua estancada
P07	1081086.474	852236.226	331.126	Agua estancada
P08	1081067.576	852228.424	333.340	Captación de Agua/Industria
P09	1081035.693	852240.662	329.199	Captación de Agua/Industria

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)	Observación
P10	1081033.686	852247.975	334.851	Presencia de Residuos
P11	1081035.092	852262.614	337.478	Presencia de Residuos
P12	1080954.605	852295.590	329.564	Presencia de Residuos
P13	1080940.985	852301.992	332.376	Agua estancada
P14	1080925.487	852307.834	328.782	Presencia de Residuos
P15	1080885.868	852316.840	322.680	Industria
P16	1080830.472	852306.410	333.196	Vertimiento
P17	1080802.795	852317.548	334.659	Deslizamiento
P20	1080796.024	852328.399	332.482	Deslizamiento
P21	1080788.625	852322.618	327.851	Socavación
P22	1080749.417	852294.815	322.614	Presencia de Residuos
P23	1080669.649	852301.960	327.701	Puente Calle 28 con Usivar
P24	1080665.325	852306.829	331.138	Puente Calle 28 con Usivar
P25	1080575.536	852293.220	320.320	Agua estancada
P26	1080559.238	852310.814	321.057	Deslizamiento
P27	1080545.183	852313.999	325.575	Presencia de Residuos
P28	1080530.479	852361.531	333.141	Deslizamiento
P29	1080462.743	852380.344	324.029	Presencia de Residuos
P30	1080415.982	852418.384	325.641	Agua estancada
P31	1080337.979	852478.863	322.685	Presencia de Residuos
P32	1080324.91	852486.3	329.097	Deslizamiento
P33	1080250.629	852565.489	320.057	Presencia de Residuos
P34	1080234.928	852562.461	323.677	Aguas Lluvia
P35	1080083.690	852524.550	332.099	Tubo red de gas
P36	1080070.391	852536.385	324.326	Puente Calle 40 Con Usivar
P37	1080029.882	852547.828	313.807	Presencia de Residuos
P38	1079846.883	852670.948	321.655	Aguas Lluvia, Aliviadero
P39	1079815.953	852651.368	317.553	Presencia de Residuos
P40	1079758.839	852668.985	315.117	Aguas Lluvia
P41	1079728.293	852676.791	316.397	Aguas Lluvia
P42	1079622.681	852613.698	325.042	Presencia de Residuos
P43	1079582.906	852592.658	326.888	Presencia de Residuos
P44	1079529.977	852567.154	325.200	Aguas Lluvia
P45	1079525.585	852500.287	322.668	Presencia de Residuos
P46	1079494.353	852467.068	323.603	Residuos/Taponamiento
P47	1079460.822	852422.425	327.023	Agua estancada
P48	1079404.382	852435.165	326.306	Residuos/Taponamiento
P49	1079350.475	852401.232	320.960	Expansión Caño
P50	1079245.731	852449.237	311.942	Presencia de Residuos
P51	1079023.950	852552.539	318.401	Agua Residual
P52	1078929.797	852561.983	319.553	Vertimiento de agua residual por daño
P53	1078928.867	852582.937	316.340	Vertimiento de agua residual por daño
P54	1078794.345	852538.630	303.971	Vertimiento de agua residual por daño
P55	1078746.034	852526.219	307.029	Presencia de Residuos
P56	1078704.258	852560.944	307.396	Presencia de Residuos
P57	1078581.902	852568.887	304.532	Aguas Lluvia, Aliviadero
P58	1078165.119	852512.997	297.595	Puente Calle 60 Con Usivar
P59	1078115.994	852518.658	305.462	Aguas Lluvia, Aliviadero
P60	1078046.738	852472.828	290.165	Presencia de Residuos
P61	1077895.262	852339.339	303.707	Aguas Lluvia, Aliviadero
P62	1077827.384	852321.010	295.896	Agua Residual
P63	1077757.500	852310.216	298.576	Agua Residual
P64	1077757.281	852309.217	299.234	Agua Residual
P65	1077619.716	852239.402	294.423	Agua Residual
P66	1077521.472	852196.724	295.440	Puente
P67	1077448.799	852196.790	293.894	No hay corriente hídrica
P68	1077280.961	852110.832	294.660	Aguas Lluvia, Canal formado

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)	Observación
				naturalmente
P69	1077273.304	852122.125	296.472	Presencia de Residuos
P70	1077191.874	852233.715	299.239	Agua Residual
P71	1077117.246	852268.371	295.443	Aguas Lluvia, Canal formado naturalmente
P72	1077056.123	852298.288	297.462	No hay corriente hídrica
P73	1077025.799	852305.762	292.760	Vertimiento de aguas, Lagunas de Oxidación

En la segunda visita se levantaron 22 puntos de interés sobre el Caño Usivar, la distancia total aproximada desde el punto de inicio (P01) hasta el punto de finalización (P22) es de 9.00 Km.

Tabla 62. Puntos levantados en la segunda visita.

Punto	Coord. Norte (m)	Coord. Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)	Observación
P01	5°17'30.13"	72°24'34.36"	294	Punto Inicial
P02	5°17'29.12"	72°24'34.69"	294	Descarga de Aguas Lluvia PTAR
P03	5°17'25.24"	72°24'36.06"	295	Descarga de Lagunas Facultativas PTAR
P04	5°17'9.01"	72°24'42.34"	293	Vertimiento de Aguas, Empresas Zona privada
P05	5°14'50.85"	72°24'33.81"	266	Descarga de aguas residuales derivadas de empresa arrocera (Pozos)
P06	5°14'53.14"	72°24'35.87"	265	Descarga de aguas residuales derivadas de empresa arrocera
P07	5°14'50.67"	72°24'26.98"	262	Descarga derivada de Matadero
P08	5°14'35.74"	72°24'25.80"	258	Descarga de Matadero No 2
P09	5°14'50.48"	72°24'36.86"	262	Descarga de casa a Caño
P10	5°14'49.56"	72°24'44.42"	266	Se halló un colchón sobre el caño
P11	5°14'29.45"	72°24'19.12"	252	Obstrucción de residuos orgánicos (Árboles y ramas Sobre el caño)
P12	5°14'29.43"	72°24'21.14"	250	Obstrucción de residuos orgánicos (Árboles y ramas Sobre el caño)
P13	5°14'54.00"	72°24'52.21"	259	Residuos Peligrosos (metales y partes de autos)
P14	5°14'19.58"	72°24'17.35"	253	Drenaje de aguas lluvia 1
P15	5°14'19.58"	72°24'17.35"	253	Drenaje de aguas lluvia 2
P16	5°14'46.90"	72°24'24.45"	254	Drenaje de aguas lluvia 3
P17	5°14'48.26"	72°24'24.44"	254	Drenaje de aguas lluvia 4
P18	5°17'10.64"	72°24'41.68"	298	Drenaje de aguas lluvia 5
P19	5°17'20.95"	72°24'39.54"	291	Drenaje de aguas lluvia 6
P 20	5°14'50.09"	72°24'38.57"	265	Cruce de vía (Puente)
P22	5°14'35.74"	72°24'25.80"	258	Cruce de vía (Puente)
P21	5°14'25.90"	72°24'17.27"	256	Cruce de vía (Puente)
P22	5°13'59.95"	72°24'13.80"	246	Punto Final

De la tabla anterior los colores identifican las siguientes convenciones:

Tabla 63. Convenciones.

CONVENCIÓN	COLOR
Presencia de Residuos	Amarelo
Aguas Lluvia	Amarelo
Vertimiento de Agua residual	Verde
Agua estancada	Verde
Puente	Verde
Captación de agua	Azul

CONVENCIÓN	COLOR
Industria	
Deslizamiento/Socavación	
Otro	

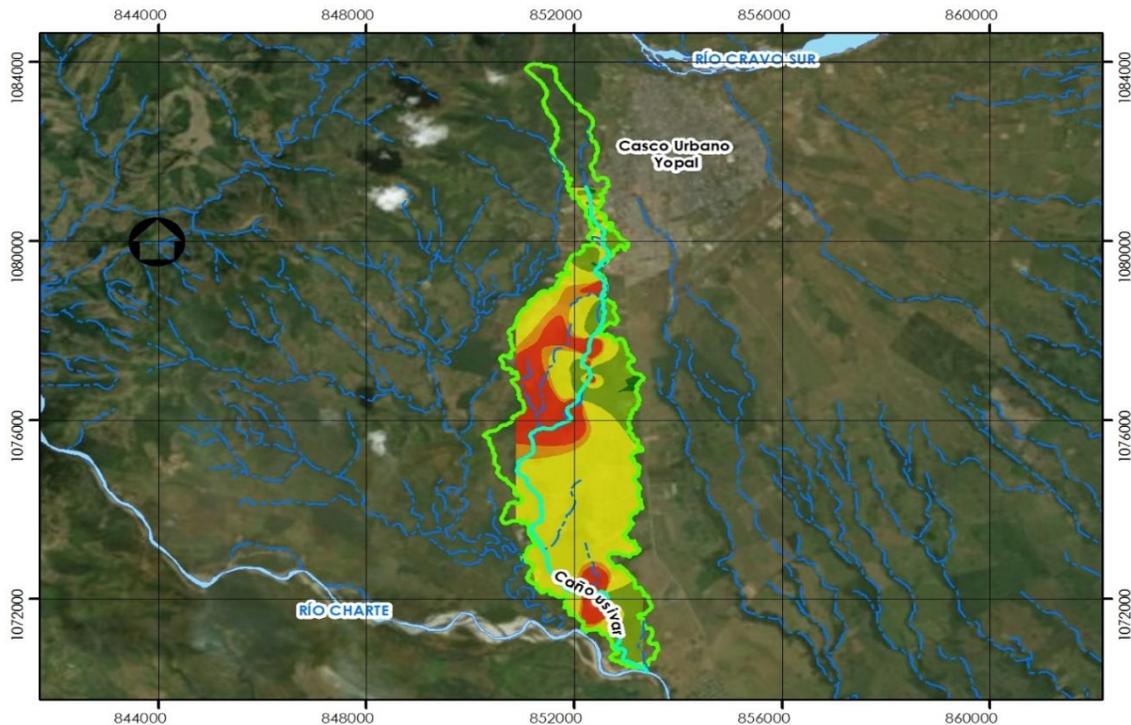
Durante el recorrido realizado se identificó una gran cantidad de residuos sobre el cauce del caño, además se hallaron aproximadamente 16 descargas de aguas lluvia y 12 de aguas residuales. A la altura de la calle 40 se evidenció una ruptura de un viaducto de aguas negras lo cual genera vertimiento directo hacia el caño; en algunos puntos se presentó estancamiento de este tipo de aguas desencadenando la proliferación de vectores y malos olores que afectan drásticamente a las comunidades o barrios aledaños.

Teniendo en cuenta todo tipo de residuos encontrados se puede determinar que el caño es afectado directamente por los habitantes de calle que se toman algunos puntos del mismo como habitad, dejándolo en condiciones deplorables.

Teniendo en cuenta lo anterior, en total, fueron identificados 28 puntos de basura, 7 por estancamiento de aguas, 18 por drenajes de aguas lluvia, 18 por presencia de vertimientos y 6 por deslizamientos, tal como se muestra en la tabla 64.

Tabla 64. Caracterización de puntos visitados.

ASPECTO	PUNTOS
Presencia Basura	28
Estancamiento De Agua	7
Drenaje de Aguas Lluvia	18
Presencia Vertimientos	18
Deslizamientos	6



7. Análisis y discusión de resultados

7.1. Análisis y resultados muestras de la PTAR y caño Usivar

Con el objetivo de verificar el cumplimiento de los porcentajes de remoción y la carga contaminante vertida, se realizó acompañamiento a la autoridad ambiental en el monitoreo compuesto de 7 horas iniciando el día 30 de septiembre a las 6:00 am y terminando el día 30 de septiembre a las 1:00 pm cada hora.

De este monitoreo se obtuvieron los resultados de laboratorio CPQ-LAB-085, por lo que se realizó el análisis de los resultados de laboratorio, teniendo como referencia los objetivos de calidad establecidos para el río Charte, el Decreto 1594 de 1984 compilado en el decreto 1076 de 2010 y la Guía Mesoca para el caño Usivar; a continuación se presenta el análisis realizado para los parámetros reportados:

7.1.1. Oxígeno disuelto

Dado que el oxígeno disuelto puede ser un indicador de la calidad del agua y cuán bien puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal y de acuerdo con la clasificación obtenida de la Guía Metodológica para el Establecimiento de Objetivos de Calidad de los Cuerpos de Agua en ausencia de los Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico – PORH, los cuerpos de agua limpios presentan oxígeno disuelto por encima de los 5,0 mg/L. Los análisis realizados presentan para el caño Usivar aguas abajo del vertimiento un valor de 4,83 (mg/L).

El Río Charte para este parámetro presenta valores de 7,13 (mg/L), lo objetivos de calidad determinados para esta fuente hídrica en este punto determinan que los valores deben ser >4 mg/L. Por lo que se determina que CUMPLE con este parámetro en el río Charte y en el caño Usivar.

7.1.2. Demanda Bioquímica del Oxígeno DBO₅

Este es un parámetro que mide la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos y se utiliza para medir el grado de contaminación de una muestra líquida. El reporte de resultados de laboratorio determinó que el caño Usivar aguas abajo del vertimiento 124,40 mg/L; según la Guía Metodológica para el Establecimiento de Objetivos de Calidad de los Cuerpos de Agua en ausencia de los Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico – PORH, plantea los criterios presuntivos de calidad para la estimación de la DBO₅, para valores de 10mg/L se determina que la fuente hídrica está “Contaminado”, caso que aplica claramente al caño Usivar.

Los objetivos de calidad para el río Charte establecen que este parámetro deberá presentar un valor de <6 mg/L, según los resultados del monitoreo el resultado fue de 4,20 mg/L, evidenciando que CUMPLE con este parámetro.

7.1.3. Sólidos Suspendedos Totales (SST)

Se definen como pequeñas partículas dispersas en el agua, no disueltas. De acuerdo con los resultados obtenidos, este parámetro se encuentra en valores 41,50 mg/L aguas abajo del vertimiento en el río Charte y de 40,50 mg/L aguas abajo del punto de vertimiento en el Caño Usivar, los valores máximos permisibles son <25 mg/L y <20 mg/L

respectivamente. Evidentemente NO SE CUMPLE con este parámetro en las dos fuentes hídricas.

7.1.4. Grasas y aceites

La presencia de Grasas y Aceites en las fuentes hídricas pueden formar películas y acumulaciones de materia flotante desagradables en el agua. De acuerdo a los objetivos de calidad se determina que debe ser Ausente la presencia de grasas y aceites en las fuentes hídricas, para el caso del caño Usivar aguas abajo del vertimiento dio resultado de 15,88 mg/L y en el río Charte aguas abajo del vertimiento 3,37, NO CUMPLE con lo establecido.

7.1.5. pH

El resultado obtenido en el caño Usivar y en el río Charte es de 6,84 y 6,60 respectivamente. En revisión con el Decreto 1076 de 2015, artículo 2.2.3.39.14 transitorio, vertimiento al agua y exigencias mínimas. El cual refiere valores de 5.0 - 9.0 unidades, de tal manera se puede determinar que se encuentra en los niveles permisibles, así como en los objetivos de calidad del río Charte que establece el rango entre 6,5 – 8,5.

7.1.6. Fenoles

Son contaminantes asociados a los hidrocarburos que en concentraciones altas se consideran tóxicos para los organismos vivos. Su presencia en los cuerpos de agua, frecuentemente, está asociada con descargas a los mismos, de desechos provenientes de fábricas químicas, refinerías e industria petroquímica o descargas con presencia de petróleo. Los fenoles son altamente solubles en el agua es muy compleja, debido a la alta solubilidad del grupo OH que lo hace altamente reactivo a determinadas condiciones de pH y temperatura.

La norma de vertimiento (Decreto 1594/84) establece un valor de 0,2 mg/L en el vertimiento como valor máximo (Artículo 74). El Decreto 1594/84 (Artículo 38 y 39) también establece un valor 0,002 mg/L (2 µg/L) sobre un cuerpo de agua como criterio de calidad para que no se limite su uso con destino humano y doméstico. Normativamente ambos valores (en el vertimiento y cuerpo natural) se deben garantizar. El caño Usivar aguas abajo dio como resultado <0,02 mg/L y el río Charte aguas arriba del vertimiento <0,02 mg/L, lo que evidencia que SE CUMPLE, con los parámetros normativos establecidos.

7.1.7. Cloruros

Los cloruros corresponden a un tipo de sal asociada con el ión Cl⁻ y su presencia en el agua puede afectar las condiciones ambientales y la concentración del OD (al igual que la conductividad). HORTON (1965) clasifica como excelente un agua natural con un valor de Cloruros menor a 50 mg/L y la considera de buena calidad con un valor de 100 mg/L. El Artículo 38 del Decreto 1594 establece un valor máximo de 250 mg/L. En el Caño Usivar aguas abajo del vertimiento se reportó un resultado de 83,14 mg/L y en el río Charte aguas abajo del punto de vertimiento, un valor de 5,83 mg/L, por lo que se establece que SE CUMPLE con los parámetros establecidos

7.2. Porcentajes de remoción de carga contaminante en los diferentes parámetros para analizar

El cálculo de los porcentajes de remoción de la Planta de tratamiento de Agua residual del municipio de Yopal, se realiza conforme la siguiente ecuación:

Ecuación 1. Calculo para hallar eficiencia de remoción de los diferentes parámetros.

$$\% \text{ de Remoción} = \frac{(Q_e * [C]_e) - (Q_s * [C]_s)}{(Q_e * [C]_e)} * 100$$

Dónde:

Q_e = Caudal de entrada.

$[C]_e$ = Concentración de entrada.

Q_s = Caudal de salida.

$[C]_s$ = Concentración de salida.

7.2.1. D.B.O₅.

$$\% \text{ de Remoción DBO}_5 = \frac{(264,026 \text{ l/s} * [248,20 \text{ mg O}_2/\text{l}]) - (288,5 \text{ l/s} * [123,80 \text{ mg O}_2/\text{l}])}{(264,026 \text{ l/s} * [148,00 \text{ mg/l}])} * 100$$

% de remoción DBO₅ = 45,49 %

7.2.2. S.S.T.

$$\% \text{ de Remoción SST} = \frac{(264,026 \text{ l/s} * [148,00 \text{ mg O}_2/\text{l}]) - (288,5 \text{ l/s} * [19,0 \text{ mg O}_2/\text{l}])}{(264,026 \text{ l/s} * [148,00 \text{ mg/l}])} * 100$$

% de remoción S.S.T = 85.97 %

7.2.3. Grasas y aceites

$$\% \text{ de Remoción GYA} = \frac{(264,026 \text{ l/s} * [144,18 \text{ mg O}_2/\text{l}]) - (288,5 \text{ l/s} * [28,65 \text{ mg O}_2/\text{l}])}{(266,026 \text{ l/s} * [144,18 \text{ mg/l}])} * 100$$

% de remoción Grasas y Aceites = 78.28 %

Una vez analizados los anteriores reportes de resultados expedidos por los laboratorios de CORPORINOQUIA, se verificó que el sistema de tratamiento implementado en la Planta de Tratamiento de Agua Residual del municipio de Yopal presentó porcentaje de remoción inferiores al 80%, incumplimiento con los parámetros de interés sanitario grasas y aceites 78.28 %, Demanda Bioquímica de Oxígeno - DBO₅ 45,49 %, según lo establecido en el Artículo 2.2.3.3.9.14 del Decreto 1076 de 2015, de tal forma que se puede ver alterada la calidad del agua de la fuente receptora del caño Usivar el cual desemboca en el Río Charte.

El único parámetro que se encuentra dando cumplimiento a la normatividad ambiental vigente en remoción de carga contaminante es sólidos suspendidos totales que arroja un valor de % de remoción S.S.T= 85.97 %.

7.3. Triangulación de información y análisis de resultados

De acuerdo al trabajo a realizar, se tuvo en cuenta el análisis de resultados tomados durante el periodo de los últimos tres (3) años por la autoridad ambiental, con el fin de tener valores representativos y a su vez poder promediar los resultados obtenidos y evaluar el impacto ambiental.

7.3.1. Datos muestreo Agosto del año 2013 reporte CPQ-LAB-597.

Tabla 65. Identificación de los puntos de muestreo PTAR Yopal 2013.

CODIGO DE LA MUESTRA	AG-01750	AG-01751	AG-01746	AG-01747
FUENTE (Información suministrada por el cliente)	ENTRADA PTAR YOPAL	SALIDA PTAR YOPAL	100 mts AGUAS ARRIBA DEL PUNTO DE VERTIMIENTO AL CAÑO USIVAR	100 mts AGUAS ABAJO DEL PUNTO DE VERTIMIENTO AL CAÑO USIVAR
FECHA DE RECEPCION	01-ago-13	01-ago-13	01-ago-13	01-ago-13

Tabla 66. Resultados para el muestreo realizado en la PTAR de Yopal en el mes de agosto del año 2013

Resultados de ensayo agosto de 2013							
Ensayo	Unidades	Método (*)	Fecha de ensayo	Muestra			
				AG-01750	AG-01751	AG-01746	AG-01747
SST	mg/L	SM 2540 D	01-ago-13	288,75	9,37	2,00	3,75
Cloruros	mg/L	SM 4500 CI, B	01-ago-13	78,80	2,00	9,40	46,00
Ph	unidades	SM 4500 H, B	01-ago-13	6,98	7,09	6,54	7,18
Conductividad	µS/cm	SM 2510 B	01-ago-13	1121,00	931,00	47,70	769,00
DBO ₅	mg O ₂ /L	SM 5210 B	01-ago-13	396,00	90,00	4,00	18,00
DQO	mg O ₂ /L	SM 5220 C	01-ago-13	1477,00	458,00	15,00	166,00
Oxígeno disuelto	mg/L	SM 4500 O, C	01-ago-13	<0,3	<0,3	6,40	<0,3
Grasas y aceites	mg/L	SM 5520 C	23-mar-16	151,20	40,20	6,50	57,20

$$\text{CAUDAL ENTRADA} = 330 \frac{\text{litros}}{\text{Segundo}}$$

$$\text{CAUDAL SALIDA} = 338 \frac{\text{litros}}{\text{Segundo}}$$

A continuación se aplica la ecuación del cálculo de la eficiencia de remoción

- Eficiencia de remoción de DBO₅ año 2013

$$E = \frac{((330 \text{ L/s} * 396 \text{ mg/L O}_2) - (338 \text{ L/s} * 90,00 \text{ mg/L O}_2))}{(330 \text{ L/s} * 396 \text{ mg/L O}_2)} * 100 = 76,72 \%$$

Eficiencia de remoción de Sólidos Suspendedos Totales año 2013

$$E = \frac{((330 \text{ L/s} * 288,75 \text{ mg/L O}_2) - (338 \text{ L/s} * 69,37 \text{ mg/L O}_2))}{(330 \text{ L/s} * 288,75 \text{ mg/L O}_2)} * 100 = 75,39 \%$$

Eficiencia de remoción de Grasas y Aceites año 2013

$$E = \frac{((330 \text{ L/s} * 151,20 \text{ mg/L O}_2) - (338 \text{ L/s} * 40,20 \text{ mg/L O}_2))}{(330 \text{ L/s} * 151,20 \text{ mg/L O}_2)} * 100 = 72,76 \%$$

Tabla 67. Eficiencias reportadas para el año 2013.

Eficiencias para el año 2013	
Parámetro	Eficiencia (%)
DBO ₅	76,72
SST	75,39
Grasas y aceites	72,76

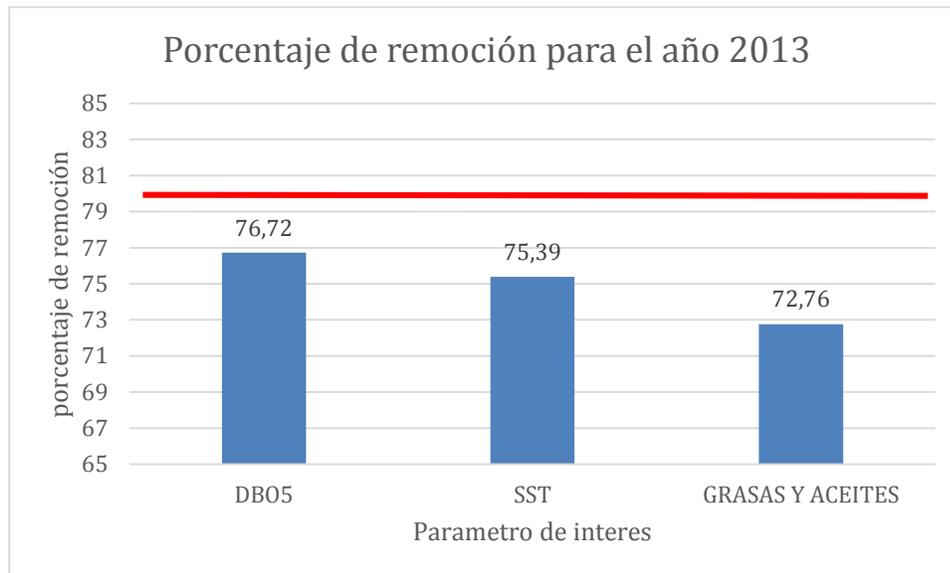


Figura 70. Nivel de cumplimiento de acuerdo a la normatividad vigente para el año 2013.

7.3.2. Datos muestreo Mayo del año 2014 reporte CPQ-LAB-691.

Tabla 68. Identificación de los puntos de muestreo PTAR Yopal 2014.

CODIGO DE LA MUESTRA	AG-02018	AG-02019	AG-02020	AG-02021
FUENTE (Información suministrada por el cliente)	ENTRADA PTAR YOPAL	SALIDA PTAR YOPAL	100 mts AGUAS ARRIBA DEL PUNTO DE VERTIMIENTO AL CAÑO USIVAR	100 mts AGUAS ABAJO DEL PUNTO DE VERTIMIENTO AL CAÑO USIVAR
FECHA DE RECEPCION	21-may-14	21-may-14	21-may-14	21-may-14

Tabla 69. Resultados para el muestreo realizado en la PTAR de Yopal - mayo del año 2014

Resultados de ensayo mayo de 2014							
Ensayo	Unidades	Método (*)	Fecha de ensayo	Muestra			
				AG-02018	AG-02019	AG-02020	AG-02021
SST	mg/L	SM 2540 D	21-may-14	125,00	23,57	26,50	50,00
Cloruros	mg/L	SM 4500 Cl, B	21-may-14	51,61	49,54	1,14	31,25
pH	unidades	SM 4500 H, B	21-may-14	7,32	7,12	7,07	7,22
Conductividad	µS/cm	SM 2510 B	21-may-14	919,00	868,00	70,10	571,00
DBO ₅	mg O ₂ /L	SM 5210 B	21-may-14	303,03	155,36	6,07	106,09
DQO	mg O ₂ /L	SM 5220 C	21-may-14	690,58	335,71	17,47	231,71
Oxígeno disuelto	mg/L	SM 4500 O, C	21-may-14	<0,3	<0,3	7,52	1,32
Grasas y aceites	mg/L	SM 5520 C	23-mar-16	213,46	22,85	4,22	21,65

$$\text{CAUDAL ENTRADA} = 307,19 \frac{\text{litros}}{\text{Segundo}}$$

$$\text{CAUDAL SALIDA} = 360,50 \frac{\text{litros}}{\text{Segundo}}$$

- **Eficiencia de remoción de DBO₅ – año 2014**

$$E_{\text{DBO}_5} = \frac{((307,19 \text{ LL/s} * 303,03 \text{ mg/L O}_2) - (360,50 \text{ L/s} * 155,36 \text{ mg/L O}_2))}{(307,19 \text{ L/s} * 303,03 \text{ mg/L O}_2)} * 100$$

$$E_{\text{DBO}_5} = 39,83 \%$$

- **Eficiencia de remoción de Solidos Suspendidos Totales – año 2014**

$$E_{\text{SST}} = \frac{((307,19 \text{ L/s} * 125,00 \text{ mg/L O}_2) - (360,50 \text{ L/s} * 23,57 \text{ mg/L O}_2))}{(307,19 \text{ L/s} * 125,00 \text{ mg/L O}_2)} * 100 =$$

$$E_{\text{SST}} = 77,87 \%$$

- **Eficiencia de remoción de Grasas y Aceites – año 2014**

$$E_{\text{GYA}} = \frac{((307,19 \text{ L/s} * 213,48 \text{ mg/L O}_2) - (360,50 \text{ L/s} * 22,85 \text{ mg/L O}_2))}{(307,19 \text{ L/s} * 213,48 \text{ mg/L O}_2)} * 100 =$$

$$(307,19 \text{ L/s} * 213,46 \text{ mg/L O}_2)$$

$$E_{\text{GYA}} = 87,43 \%$$

Tabla 70. Eficiencias reportadas para el año 2014.

Eficiencias para el año 2014	
Parámetro	Eficiencia (%)
DBO ₅	39,83
SST	77,87
Grasas y aceites	87,43

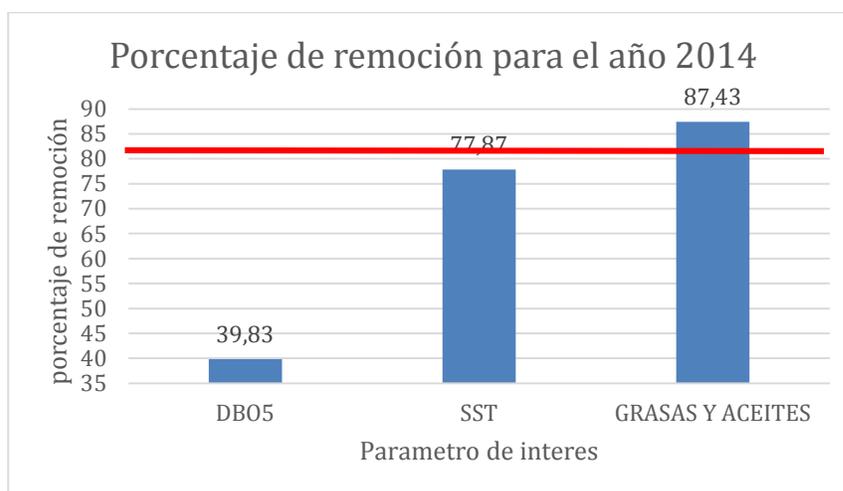


Figura 71. Nivel de cumplimiento de acuerdo a la normatividad vigente para el año 2014.

7.3.3. Datos muestreo Septiembre del año 2015 reporte CPQ-LAB-085.

Tabla 71. Identificación de los puntos de muestreo PTAR Yopal, septiembre de 2015.

CODIGO DE LA MUESTRA	AG-0273	AG-0274	AG-0275	AG-0276
FUENTE (Información suministrada por el cliente)	ENTRADA PTAR YOPAL	SALIDA PTAR YOPAL	100 mts AGUAS ARRIBA DEL PUNTO DE VERTIMIENTO AL CAÑO USIVAR	100 mts AGUAS ABAJO DEL PUNTO DE VERTIMIENTO AL CAÑO USIVAR
FECHA DE RECEPCION	24-sep-15	24-sep-15	24-sep-15	24-sep-15

Tabla 72. Resultados para el muestreo realizado en la PTAR de Yopal en el mes de Septiembre del año 2015

Resultados de ensayo septiembre de 2015							
Ensayo	Unidades	Método (*)	Fecha de ensayo	Muestra			
				AG-0273	AG-0274	AG-0275	AG-0276
SST	mg/L	SM 2540 D	30-sep-15	148,00	19,00	4,50	40,50
Cloruros	mg/L	SM 4500 Cl, B	28-sep-15	99,36	90,74	4,21	83,14
pH	unidades	SM 4500 H, B	23-sep-15	7,07	6,96	5,92	6,84
Conductividad	µS/cm	SM 2510 B	23-sep-15	1008,62	946,87	59,50	812,00
DBO ₅	mg O ₂ /L	SM 5210 B	25-sep-15	248,20	123,80	< 1,60	124,40
DQO	mg O ₂ /L	SM 5220 C	26-sep-15	952,32	881,28	6,91	386,69
Oxígeno disuelto	mg/L	SM 4500 O, C	23-sep-15	<0,3	<0,3	7,27	4,83

Grasas y aceites	mg/L	SM 5520 C	23-mar-16	144,18	28,66	3,60	15,88
------------------	------	-----------	-----------	--------	-------	------	-------

$$\text{CAUDAL ENTRADA} = 264,02 \frac{\text{litros}}{\text{Segundo}}$$

$$\text{CAUDAL SALIDA} = 288,5 \frac{\text{litros}}{\text{Segundo}}$$

CALCULO DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN.

- **Eficiencia de remoción de DBO₅ Año 2015**

$$E_{\text{DBO}_5} = \frac{((264,02 \text{ L/s} * 248,20 \text{ mg/L O}_2) - (288,50 \text{ L/s} * 123,80 \text{ mg/L O}_2))}{(264,02 \text{ L/s} * 248,20 \text{ mg/L O}_2)} * 100$$

$$E_{\text{DBO}_5} = 45,49 \%$$

- **Eficiencia de remoción de Solidos Suspendidos Totales Año 2015**

$$E_{\text{SST}} = \frac{((264,02 \text{ L/s} * 148,00 \text{ mg/L O}_2) - (288,50 \text{ L/s} * 19,00 \text{ mg/L O}_2))}{(264,02 \text{ L/s} * 148,00 \text{ mg/L O}_2)} * 100 =$$

$$E_{\text{SST}} = 85,97 \%$$

- **Eficiencia de remoción de Grasas y Aceites Año 2015**

$$E_{\text{GYA}} = \frac{((264,02 \text{ L/s} * 144,18 \text{ mg/L O}_2) - (288,50 \text{ L/s} * 28,65 \text{ mg/L O}_2))}{(264,02 \text{ L/s} * 144,18 \text{ mg/L O}_2)} * 100 =$$

$$E_{\text{GYA}} = 78,28 \%$$

Tabla 73. Eficiencias reportadas para el año 2015.

Eficiencias para el año 2015	
Parámetro	Eficiencia (%)
DBO ₅	45,49
SST	85,97
Grasas y aceites	78,28

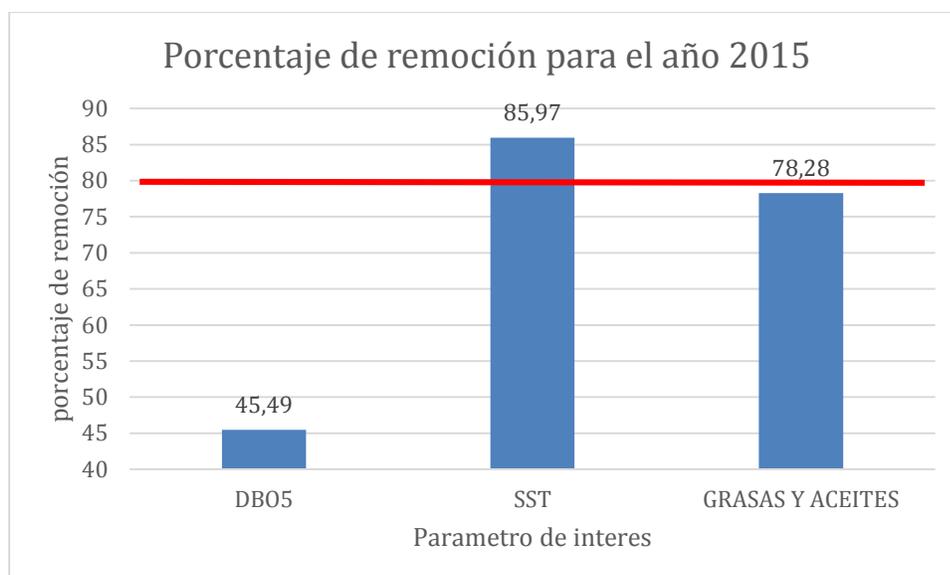


Figura 72. Nivel de cumplimiento de acuerdo a la normatividad vigente para el año 2015.

7.3.4. Datos muestreo Marzo del año 2016 reporte CPQ-LAB-009.

Tabla 74. Identificación de los puntos de muestreo PTAR Yopal – Marzo 2016.

CODIGO DE LA MUESTRA	AG-16-028	AG-16-029
FUENTE (Información suministrada por el cliente)	ENTRADA PTAR YOPAL	SALIDA PTAR YOPAL
FECHA DE RECEPCION	03-mar-16	03-mar-16

Tabla 75. Resultados para el muestreo realizado en la PTAR de Yopal, Marzo del año 2016

Resultados de ensayo marzo de 2016					
Ensayo	Unidades	Método (*)	Fecha de ensayo	Muestra	
				AG-16-028	AG-16-029
SST	mg/L	SM 2540 D	21-mar-16	117,00	22,86
Cloruros	mg/L	SM 4500 Cl, B	25-mar-16	101,10	64,40
pH	unidades	SM 4500 H, B	16-mar-16	7,30	7,45
Conductividad	μS/cm	SM 2510 B	16-mar-16	901,00	977,00
DBO ₅	mg O ₂ /L	SM 5210 B	16-mar-16	258,81	95,60
DQO	mg O ₂ /L	SM 5220 C	18-mar-16	497,66	182,40
Oxígeno disuelto	mg/L	SM 4500 O, C	16-mar-16	< 0,30	2,03
Grasas y aceites	mg/L	SM 5520 C	23-mar-16	125,22	20,67

$$\text{CAUDAL ENTRADA} = 393,68 \frac{\text{litros}}{\text{Segundo}}$$

$$\text{CAUDAL SALIDA} = 207,61 \frac{\text{litros}}{\text{Segundo}}$$

CALCULO DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN AÑO 2016

- Eficiencia de remoción de DBO₅ – Año 2016

$$E \text{ de DBO}_5 = \frac{((393,68 \text{ L/s} * 258,81 \text{ mg/L O}_2) - (207,61 \text{ L/s} * 95,60 \text{ mg/L O}_2))}{(393,68 \text{ L/s} * 258,81 \text{ mg/L O}_2)} * 100$$
$$= 80,52 \%$$

- Eficiencia de remoción de Solidos Suspendidos Totales Año 2016

$$E. \text{ SST} = \frac{((393,68 \text{ L/s} * 117,00 \text{ mg/L O}_2) - (207,61 \text{ L/s} * 22,86 \text{ mg/L O}_2))}{(393,68 \text{ L/s} * 117,00 \text{ mg/L O}_2)} * 100$$
$$E. \text{ SST} = 89,60 \%$$

- Eficiencia de remoción de Grasas y Aceites Año 2016

$$E. \text{ GYA} = \frac{((393,68 \text{ L/s} * 125,22 \text{ mg/L O}_2) - (207,61 \text{ L/s} * 20,67 \text{ mg/L O}_2))}{(393,68 \text{ L/s} * 125,22 \text{ mg/L O}_2)} * 100$$
$$E. \text{ GYA} = 91,29 \%$$

Tabla 76. Eficiencias reportadas para el año 2013.

Eficiencias para el año 2016	
Parámetro	Eficiencia (%)
DBO ₅	80,52
SST	89,60
Grasas y aceites	91,29

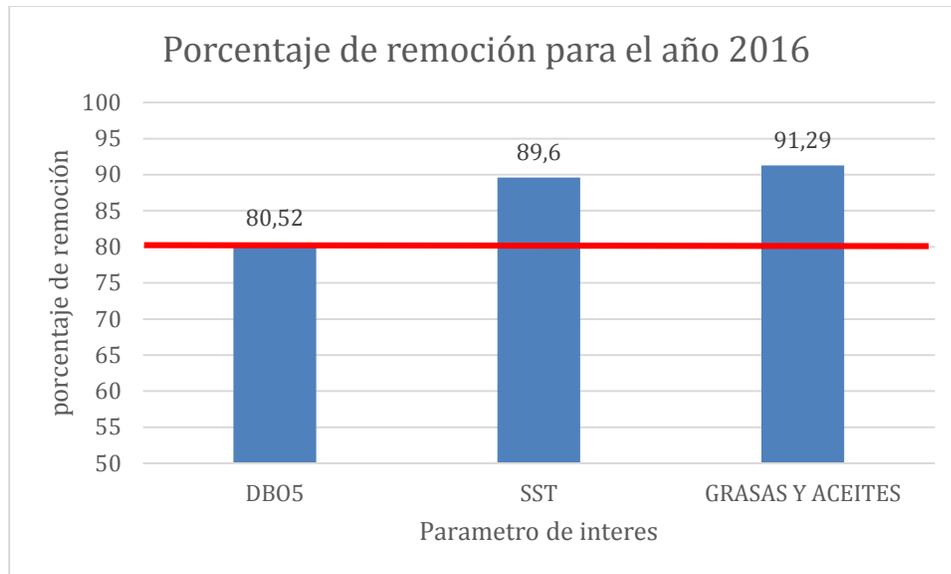


Figura 73. Nivel de cumplimiento de acuerdo a la normatividad vigente para el año 2016.

ANÁLISIS A TRAVÉS DEL TIEMPO

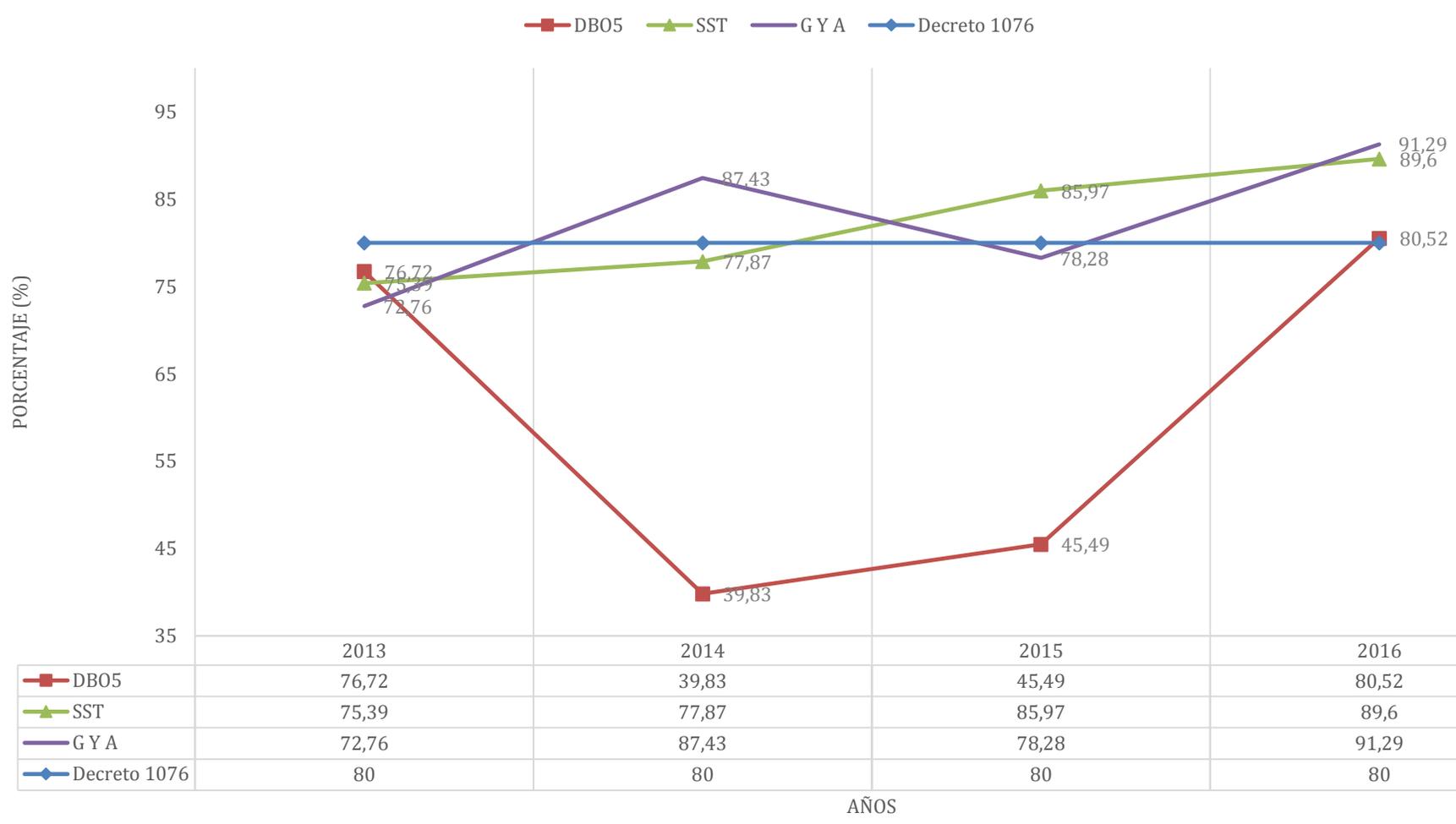


Figura 74. Comportamiento de los porcentajes de Remoción desde los años 2013 hasta el año 2016.

Teniendo en cuenta y observando los datos registrados en los diferentes muestreos realizados por la corporación a través del tiempo, para los años desde el año 2013 hasta el año 2016 se evidencia que la planta de tratamiento de agua residual doméstica del municipio de Yopal para el año 2013 presentó valores de remoción para la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) de 76,72%, Sólidos Suspendidos Totales (SST) de 75,39%, Grasas y Aceites (GYA) de 72,76% dando así un incumplimiento a lo estipulado en el decreto 1594 en su artículo 72 (vigente para la fecha), el cual establece que debe haber una remoción mínima del 80%.

Para el año 2014 la planta de tratamiento de agua residual presentó valores de remoción para la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) de 39,83%, Sólidos Suspendidos Totales (SST) de 77,87%, Grasas y Aceites (GYA) de 87,43%, dando incumplimiento a lo estipulado en el decreto 1594 en su artículo 72 (vigente para la fecha) para los parámetros (DBO₅) y (SST) y dando cumpliendo en cuanto al parámetro (GYA) de esta manera se puede establecer que: La DBO₅ presenta una línea de tendencia decreciente en su remoción con respecto al año inmediatamente anterior (2013) incumpliendo con la normatividad, los SST presentan una línea de tendencia a mejorar los resultados de remoción pero a pesar de mejorar la remoción para ese año aún sigue sin cumplir con lo estipulado en la normatividad, para las GYA se observó una línea de tendencia a mejorar la remoción y para este año este parámetro cumple con lo establecido en la normatividad.

Para el año 2015 la planta de tratamiento de agua residual presentó valores de remoción de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) de 45,49%, Sólidos Suspendidos Totales (SST) de 85,97%, Grasas y Aceites (GYA) de 78,28%, dando incumplimiento para los parámetros de DBO₅ y GYA y dando cumplimiento en cuanto al parámetro SST de acuerdo a lo estipulado en el decreto 1594 en su artículo 72, que para la fecha fue acogido por el decreto único reglamentario 1076 en su artículo 2.2.3.3.9.14, de esta manera se puede establecer que: La DBO₅ presenta una línea de tendencia creciente en su remoción pero a pesar de mejorar la remoción para este año (2015) aún sigue sin cumplir con lo estipulado en la normatividad desde el año 2013, los SST presentan una línea de tendencia a mejorar los resultados de remoción y para este año (2015) supera la remoción exigida en el decreto único reglamentario 1076 en su artículo 2.2.3.3.9.14 a diferencia del año 2013 y 2014 en los cuales no cumplía con lo exigido en la normatividad y para GYA se presenta una línea de tendencia decreciente en su remoción incumpliendo en la normatividad para este año (2015) lo que no ocurrió el año inmediatamente anterior (2014) en el cual si cumplía con lo exigido en la normatividad.

Para el año 2016 entra en vigencia la resolución 631 de fecha 17 de Marzo de 2015 emitida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible *“Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones”* la cual no establece porcentajes de remoción como se había venido trabajando hasta el año 2015, sino que, se establece la cantidad de carga contaminante que está permitida verter para los diferentes tipos de vertimiento.

Teniendo en cuenta lo anterior y desarrollando el análisis como se había venido trabajando hasta el año 2015 se tiene que la planta de tratamiento de agua residual presentó valores de remoción para la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) de 80,52%, Sólidos Suspendidos Totales (SST) de 89,60%, Grasas y Aceites (GYA) de 91,29%, lo cual indicaría que los tres (3) parámetros de interés presentarían un línea de tendencia creciente y un porcentaje mayor al 80% que los ubicaría dentro de lo exigido en la

normatividad. Como se había mencionado anteriormente no es posible evaluar de esta manera el cumplimiento, por tanto a continuación se desarrolla un análisis con lo estipulado en la Resolución 631 de 2015.

De acuerdo a la Resolución 631 de 2015 la Planta de tratamiento de agua residual doméstica se ubica en el CAPITULO V Artículo 8 como: “Aguas residuales domésticas – ARD, y aguas residuales no domesticas ARnD de los prestadores del servicio público de alcantarillado con una carga mayor a 3000,00 Kg/Día DBO₅” donde se exigen lo siguiente:

Tabla 77. Nivel de cumplimiento de la Resolución 631 de 2015.

Parámetro	Unidades	Valor resolución 631 de 2015	Reporte cpq-lab-009	Nivel de cumplimiento	
				SI	NO
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	150	182,4		X
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	70	95,6		X
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	70	22,86	X	
Grasas y Aceites (GYA)	mg/L	10	20,67		X

Se tiene que la planta de tratamiento de agua residual de Yopal a la fecha de visita para el año 2016 no se encuentra cumpliendo con los parámetros de interés DQO, DBO₅ y GYA. Se reporta un cumplimiento para los SST.

7.4. Análisis del área de influencia del caño Usivar por componente

7.4.1. Recurso hídrico

De acuerdo con las visitas realizadas al Caño Usivar, se identificaron múltiples problemas relacionados con el recurso hídrico del Caño Usivar, como lo son:

- Vertimientos domésticos en la ronda hídrica del Caño.
- Vertimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Yopal.
- Presencia de inundaciones por el incremento en el caudal pluvial del caño.

La presencia de asentamientos aledaños ilegales a la ronda hídrica del caño genera vertimientos de tipo residual doméstico, mientras que la ineficiencia de las operaciones unitarias de la PTAR produce el vertimiento de esta, incumpliendo la normatividad vigente, esto sumado a las inundaciones causadas por las fuertes precipitaciones en época de invierno, generan un aumento significativo en la carga contaminante del recurso hídrico, generando la contaminación del mismo y un afectación notable al recurso.

Aunque la urbanización por sí misma no es un problema, los crecimientos mal planeados, por lo general, causan problemas ambientales, como agotamiento y contaminación de los recursos agua, aire y suelo por el vertimiento y manejo inadecuado de los residuos líquidos y sólidos generados (Troschinetz y Mihelcic, 2009).

Se lograron identificar tres (3) puntos de vertimientos directos sobre el Caño, los cuales, de acuerdo a la numeración dada, corresponde a los puntos denominados P16, P52 y P73, el registro fotográfico de dichos puntos se presenta a continuación.

La figura 75 presenta el registro fotográfico del punto P16, en el cual se logró identificar un vertimiento de tipo residual, proveniente de una vivienda.



Figura 75. Registro Fotográfico Punto No 16.

Como se evidencia, en este punto se genera contaminación, debido a los vertimientos por parte de la vivienda y adicionalmente porque la zona ha sido tomada como botadero de llantas usadas. De acuerdo a las visitas realizadas en campo, se identifica que la ruptura del colector es la causa del vertimiento sobre el Caño Usivar, y el cual está generando un foco de contaminación hídrica (Figura 76).



Figura 76. Registro Fotográfico ruptura colector.

Finalmente, el último punto identificado como vertimiento directo sobre el Caño Usivar, se encuentra en el punto P73, en este se localizan las aguas provenientes de la PTAR del municipio de Yopal, las cuales se vierten sobre el Caño Usivar; a continuación se presenta el registro fotográfico correspondiente al punto P73 (Figura 77).



Figura 77. Registro Fotográfico Punto No 73.

Teniendo en cuenta lo anterior, y adicionalmente la evidencia recolectada, se determinó que a nivel de calidad hídrica no se presenta fuerte afectación antes de la PTAR y este va aumentando a la salida de esta; evidenciado en la generación de olores ofensivos y a las características físicas más evidentes, tales como color, turbiedad y viscosidad, de la fuente hídrica.

El siguiente registro fotográfico (Figura 78) de diferentes puntos, se evidencia el mal estado del componente hídrico aguas abajo de la PTAR; ya que de acuerdo con lo identificado antes de la planta de tratamiento no se presenta un foco significativo de contaminación.



Figura 78. Registro Fotográfico. Características Físicas Caño Usivar Aguas Abajo PTAR.

Otro de los problemas identificados en el Caño Usivar es la presencia de inundaciones en épocas de lluvias. Estas inundaciones son causadas principalmente por el aumento del caudal pluvial proveniente de todo el casco urbano de la ciudad de Yopal, provocando el aumento de la lámina de agua del caño y el desbordamiento del mismo. En la siguiente imagen (Figura 79), se evidencia las inundaciones en el sector del Morichal, provocadas en época de lluvia.



Figura 79. Registro Fotográfico. Inundaciones en época de Lluvias

7.4.2. Recurso aire

Con respecto al componente aire, se evidencia problemática debido principalmente a la presencia de residuos sólidos a lo largo del caño Usivar y a la ausencia de caudal en época de estiaje. Los asentamientos a lo largo de la ronda hídrica del caño Usivar, genera la presencia de residuos sólidos, que, sumado a los vertimientos y a la ausencia de caudal en época de estiaje, genera el estancamiento de aguas residuales y a su vez la proliferación de olores ofensivos.

Es importante resaltar que la generación de olores ofensivos sobre el Caño, empieza a desarrollarse sobre las proximidades de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, ya que a esta altura el Caño ha recibido la mayor parte de la contaminación y adicionalmente su cauce se va reduciendo debido a problemáticas como las mencionadas en el componente hídrico. La generación de estos olores afecta en gran medida a la población inmediata ya que pueden producir problemas digestivos, náuseas y dolores de cabeza, incluso dificultad para respirar. En el siguiente registro fotográfico se presentan los puntos en los que se identifica una fuerte emanación de olores ofensivos y la presencia de vectores (Figura 80).



Figura 80. Registro Fotográfico. Puntos de Generación de Olores Ofensivos.

7.4.3. Recurso suelo

De acuerdo a las visitas realizadas también se identificaron múltiples problemas relacionados con el recurso suelo del Caño Usivar, como lo son:

- Presencia de residuos sólidos en la ronda hídrica del Caño

La causa principal de afectación al recurso suelo, es el mal uso dado por los habitantes de la ronda hídrica del Caño, ya que actualmente este se está utilizando como sitio de disposición de basuras y demás residuos orgánicos producto de la deforestación, lo anterior conlleva a que la descomposición de la materia orgánica, genere gran cantidad de sedimentos sobre el lecho del Caño y sus aguas se estanquen debido al poco espacio para fluir, generándose así focos de olores ofensivos y vectores que pueden afectar la salud de las comunidades aledañas. Se debe tener en cuenta que el caudal del caño Usivar solo es dado por escorrentía, ya que en temporada de estiaje no se evidencia un caudal significativo sobre el mismo (Figura 81).



Figura 81. Registro Fotográfico. Presencia de residuos sólidos del Caño Usivar.

En la figura 82 se presenta el registro fotográfico del Caño Usivar, en el cual se puede identificar las condiciones de los suelos que se localizan en esta zona.



Figura 82. Registro Fotográfico. Condiciones Actuales del Suelo.

Como se evidencia en el registro fotográfico, sobre las márgenes del Caño se identifica que los suelos se encuentran en una condición inestable, adicionalmente la zona de influencia existe una sismicidad intermedia, por lo que las comunidades que se localizan sobre la margen del Caño se encuentran en zona de riesgo.

7.4.4. Componente fauna

De acuerdo a las visitas de reconocimiento se concluye que no existe una gran diversidad de fauna sobre el Caño Usivar, se identifica gran proliferación de vectores debido a la descomposición de la materia orgánica presente sobre el lecho del Caño Usivar. A su vez se identifica que la tala de especies vegetales afecta indirectamente al recurso fauna.

7.4.5. Componente flora

De acuerdo a las visitas realizadas, la flora identificada corresponde a especies como matorrales, las veraneas, el camoruco y la cayena, entre otros. Se identificó un problema relacionados con el recurso Flora del Caño Usivar, como lo es:

- Tala de especies vegetales.

La tala de especies vegetales es causada principalmente por los asentamientos aledaños a la ronda Hídrica del Caño Usivar, razón por la cual se ha perdido una gran cantidad de cobertura vegetal, afectando directamente este recurso. En el siguiente registro fotográfico se presenta la evidencia de la deforestación identificada (Figura 83).



Figura 83. Registro Fotográfico. Deforestación Sobre el Caño Usivar.

Estas actividades generan sobre el lecho del río, la desecación del mismo, principalmente a causa de la descomposición de la materia orgánica, lo cual genera la eutrofización del Caño, modificando así sus dinámicas y sus características físicas, a su vez aumenta la evapotranspiración de este, disminuyendo su caudal y afectando la ictiofauna de este.

7.4.6. Paisaje

Con respecto al paisaje, a pesar que este Caño contribuye a la buena imagen del paisaje del Municipio de Yopal, es importante tener en cuenta que, de acuerdo a las visitas realizadas y así mismo el registro fotográfico presentado previamente, el Caño se encuentra en malas condiciones, convirtiéndose así en un foco de inseguridad y deterioro ambiental.

Estas condiciones permiten que se dé un detrimento del paisaje en el cual se encuentra el Caño Usivar, ya que sus condiciones físicas se ven afectadas por los procesos de degradación ambiental, que a su vez generan una mala calidad de vida a los habitantes de la zona. En el siguiente registro fotográfico (Figura 84) se presentan los puntos identificados como focos de inseguridad de acuerdo a las visitas realizadas.



Figura 84. Registro Fotográfico. Focos de Inseguridad Identificados.

7.4.7. Ronda hídrica

Adicionalmente se identificaron asentamientos aledaños a la Ronda Hídrica del Caño Usivar (Figura 85), por lo que se revisó el Plan de Ordenamiento territorial – POT del municipio de Yopal, en el capítulo 2: “*Medidas para la Protección del Medio Ambiente, Señalamiento de las áreas de reserva, Conservación y Protección Ambiental, Histórico-Cultura, y Arquitectónico y Ambiental*”, el cual define:

“...Parque lineal Usivar. La ronda del caño Usivar en sus 30 metros de ronda hídrica, iniciales, debe considerarse como de protección absoluta, en los siguientes 20 metros contiguos a la ronda de protección hídrica se configurarán como espacio público, con senderos peatonales y ciclorrutas, exceptuando el sector contiguo al asentamiento humano siete de agosto...”.



Figura 85. Registro Fotográfico. Asentamientos Aledaños.

En las anteriores imágenes (Figura 85), se evidencia que estos 30 metros, no son considerados como protección absoluta, ya que actualmente hay población aledaña en la margen del caño.

De acuerdo a los recorridos en campo, se identifica que la ronda hídrica del Caño no se encuentra protegida tal como se establece en la normatividad Colombiana el Decreto No. 1449 de 1977 del Ministerio de Agricultura, en la cual se especifica que deben existir 30 metros de ancho a partir de la línea de mareas máximas, ya que la distancia máxima a la cual están conviviendo las personas del Municipio, es de 3 metros a lo sumo.

7.4.8. Aspectos socio económicos y salud humana

Con respecto al aspecto socioeconómico y de salud humana de la zona de influencia del proyecto, la población aledaña al Caño Usivar, se dedica principalmente a la agricultura a la ganadería y a las actividades de tipo industrial, en las diferentes industrias que se localizan sobre la zona de influencia tales como Fedearroz, empresas madereras y de prefabricados.

Se identificaron dos puntos de interés a lo largo del recorrido del Caño Usivar uno de ellos hace referencia a una fábrica de madero y otra a una fábrica de prefabricados de concreto, lugares en los cuales se realiza captación de las aguas del Caño Usivar (Figura 86).



Figura 86. Registro Fotográfico. Captaciones Sobre el Caño Usivar.

7.5. Valoración de impactos ambientales

A continuación se establece la valoración de los impactos ambientales a través de la matriz de Leopold; en la que se establecieron componentes ambientales identificados en el caño Usivar y los factores por medio de los cuales se afectan, con el fin de determinar la magnitud y el impacto; es decir en la matriz que se presenta a continuación sobre el eje horizontal las acciones que causan el impacto ambiental y sobre el eje vertical las condiciones ambientales existentes que puedan verse afectadas por esas acciones.

En cada casilla “MAG” la magnitud del impacto, el grado de extensión o escala del impacto precedido del signo + o - según sea un impacto positivo o negativo. La magnitud se puntúa de 1 al 10 (1 si la alteración es mínima y 10 si es máxima). En la casilla “IMP” se estableció la importancia, es decir, el grado de intensidad o grado de incidencia de la acción impactante sobre un factor, de la misma manera que la magnitud la importancia se puntúa del 1 al 10.

Posteriormente se procedió a determinar las acciones que afectan al medio ambiente desagregandolas en positivas y negativas, una vez realizado lo anterior se realizó una sumatoria del total del impacto por componente y los impactos por componente. Para hacer el ejercicio se establece un código de colores.

Tabla 78. Criterios de evaluación de impactos.

Criterios	
Escala de magnitud (MAG)	
1 - 3	Muy local
4 - 7	Local
8 -10	General
Escala de importancia (IMP)	
1 - 3	Baja
4 - 7	Media
8 -10	Alta

Tabla 79. Código de Colores matriz.

Código de colores			
Escala		Positivo	Negativo
	30		
1	60		
1	100		

Código de colores			
Escala		Total impactos	
		Positivos	Negativos
1	200		
201	400		
401	600		

Tabla 80. Matriz de Impactos caño Usivar

MATRIZ DE CALIFICACIÓN DE IMPACTOS CAÑO USIVAR																	IMPACTO POSITIVO	IMPACTO NEGATIVO	TOTAL IMPACTO	TOTAL IMPACTO POR SUB COMPONENTE	
CRITERIOS DE CALIFICACIÓN		PTAR MUNICIPAL		PBA MUNICIPAL		ACTIVIDADES ANTROPOGÉNICAS								SECTOR INDUSTRIAL							
COMPONENTE	SUB COMPONENTE	VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES AL CAÑO		RECOLECCIÓN, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE AGUAS LLUVIAS		CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN RONDA DE PROTECCION		DISPOSICIÓN O QUEMA DE RESIDUOS SOLIDOS		GANADERIA		AGRICULTURA		VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES							
		MAG	IMP	MAG	IMP	MAG	IMP	MAG	IMP	MAG	IMP	MAG	IMP	MAG	IMP						
FACTORES AMBIENTALES	ABIOTICO	AGUA	Caudal y curso de agua	-8	9	-7	8									-7	8	0	4	-184	-715
				-72		-56										-56					
			Calidad física (Turbidez, Calidad)	-9	9	-6	7			-5	8	-2	2	-4	5	-6	7	0	6	-229	
				-81		-42				-40		-4		-20		-42					
			Calidad química del agua	-9	10	-5	6	-2	2			-2	2	-2	4	-7	8	0	7	-192	
	-90			-30		-4				-4		-8		-56							
	Aguas Subterranas					-2	2			-2	2					0	1	-8			
						-4				-4											
	Calidad biológica del agua	-9	10	-2	6			-8	10	-2	2			-8	9	0	5	-258			
		-90		-12				-80		-4				-72							
SUELO		Condiciones físicas del terreno.	-5	5			-8	9	-6	8			-3	4	-2	2	0	5	-161		
			-25				-72		-48				-12		-4						
		Morfología	-5	5			-7	5					-1	1	-3	5	0	4	-76		
-25					-35						-1		-15								
Socavación	-8	9											-6	7	0	2	-114				
	-72												-42								

SOCIO ECONÓMICO	BIÓTICO	AIRE	Erosión	-9	8									-6	7	0	2	-114	-352	
				-72											-42		0	5		-61
		Inestabilidad - deslizamiento	-2	3			-6	6	-3	3			-1	1	-3	3	0	5		-61
			-6			-36		-9				-1			-9		0	5		-61
	BIOTA	Calidad del Aire	-9	10					-6	6					-7	8	0	3	-182	
			-90						-36						-56		0	3	-182	
	SOCIO ECONÓMICO	BIOTA	Emisión de olores y/o gases nocivos	-8	9					-6	7					-7	8	0	3	-170
				-72							-42					-56		0	3	-170
	SOCIO ECONÓMICO	BIOTA	Fauna de la zona	-7	7			-7	6	-8	7	5	3	3	3	-5	6	2	4	-153
				-49			-42		-56		15		9			-30		2	4	-153
			Flora de la Zona	-7	8			-7	8	-5	5			-1	3	-7	8	0	5	-196
				-56			-56		-25					-3		-56		0	5	-196
	SOCIO ECONÓMICO	BIOTA	Cobertura vegetal	-6	7			-5	5					-4	3	-4	4	0	4	-95
				-42			-25							-12		-16		0	4	-95
SOCIO ECONÓMICO	SOCIO ECONÓMICO	Migración de la Población	-6	5											-2	3	0	2	-36	
			-30												-6		0	2	-36	
		Paisaje	-7	8	-4	5	-4	5	-8	6			-3	4	-6	7	0	6	-174	
			-56		-20	-20		-24					-12		-42		0	6	-174	
		Demanda bienes y servicios Ambientales	-7	5			-1	1									0	2	-36	
	-35			-1											0	2	-36			
SOCIO ECONÓMICO	SOCIO ECONÓMICO	Usos de suelo					-7	4	-7	3			-6	8	-6	7	0	4	-139	
						-28		-21					-48		-42		0	4	-139	
SOCIO ECONÓMICO	SOCIO ECONÓMICO	Generación de Empleo	5	7	5	7					6	7	6	7	5	7	5	0	189	
			35		35					42		42			35		5	0	189	
TOTAL IMPACTOS POR CRITERIO			-928		-125			-323		-381		41		-66		-607				
																			-729	

8. Conclusiones

Como solución a la descontaminación del Caño Usivar, se propone utilizar diferentes técnicas de biorremediación como proceso alternativo natural por el cual se estimula la biodegradación del contaminante y la capacidad de recuperación del ecosistema, mediante procesos biológicos, al objeto de minimizar las consecuencias de un contaminante.

De acuerdo con las visitas de campo realizadas en el área de estudio se evidenciaron una serie de problemáticas para el recurso aire y suelo. Para darle solución a dichas problemáticas se propone la implementación de un Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos propio para el Caño Usivar.

A su vez se debe implementar un Plan de Restauración Vegetal y Faunística para la ronda hídrica del caño Usivar, el cual garantice la oferta de bienes y servicios ambientales esenciales para el desarrollo humano sostenible, de manera que se contribuya a promover el desarrollo económico y social y garantizar el mantenimiento de la diversidad biológica y cultural.

Por el diagnóstico efectuado en campo, se evidencia que existen focos de erosión con un potencial de incremento en el tiempo que ameritan dentro de la restauración un manejo del suelo, es por ello por lo que se estima que en el estado actual es viable implementar el enriquecimiento de cordones externos con el uso de vegetación.

Una vez analizadas todas las actividades antrópicas ejercidas, sobre la fuente hídrica caño Usivar se presentan los siguientes impactos:

- Impacto Ambiental al recurso hídrico: Contaminación del Caño Usivar y del río Charte, por el vertimiento de los residuos líquidos provenientes de la PTAR, debido a que el sistema de tratamiento no está funcionando correctamente incumpliendo los porcentajes de remoción de carga contaminante establecidas en la normatividad ambiental; estas fuentes hídricas presentan un alto grado de polución debido a la presencia de altas concentraciones de DBO₅, DQO, SST y la ausencia de OD, indicadores de aguas poluidas o contaminadas, generando un grave impacto a este recurso.
- Impacto Ambiental por pérdida de Biodiversidad: Por los residuos líquidos provenientes de la PTAR y vertidos en el caño Usivar y posteriormente al río Charte, se presenta fragmentación de ecosistemas y generación de efectos negativos sobre las poblaciones de especies acuáticas, como consecuencia de la contaminación de la fuente hídrica. Esta fragmentación trae como consecuencia la alteración de los procesos ecológicos, así como la pérdida de la conectividad, intercambio de flujo y energía en el mantenimiento de procesos vitales, entre los que se resalta el desplazamiento de los organismos para alimentarse, refugiarse, reproducirse o dispersarse, interrupción de los procesos biológicos afectando la supervivencia de los individuos, efectos entre las comunidades y poblaciones, y secuelas como la pérdida de biodiversidad.
- Impacto Ambiental Paisajístico: Se está presentado degradación paisajística, del área de influencia del proyecto.
- Impacto Ambiental al recurso suelo: Contaminación del suelo por la disposición inadecuada de lodos provenientes del mantenimiento de las lagunas, incumpliendo con las medidas normativas ambientales necesarias para su disposición final, degradando las condiciones de este y alterando su composición fisicoquímica.

- Impacto Ambiental al aire: Generación de olores ofensivos y proliferación de vectores, afectando a la comunidad del sector y al recurso Aire, por el vertimiento de agua residual contaminada proveniente de la PTAR al caño Usivar y a su vez al río Charte.

9. Recomendaciones

De acuerdo al trabajo realizado, donde se evidenció una afectación ambiental sobre el caño Usivar, es importante implementar acciones que permitan mitigar, corregir y/o compensar los impactos ambientales que generan presión sobre este ecosistema, por lo tanto se hacen unas recomendaciones para que de acuerdo a las competencias de los entes gubernamentales, se tomen las acciones pertinentes y prioritarias.

Para darle solución a las problemáticas evidenciadas del recurso fauna y flora, se deberá diseñar e implementar un Plan de Restauración Vegetal y Faunística para la ronda hídrica del caño Usivar; la restauración puede prevenir y revertir la pérdida de la diversidad biológica así como promover la recuperación de los servicios ecosistémicos (SER, 2004), la restauración ecológica se define como el proceso de asistir a la recuperación de un ecosistema que ha sido dañado, degradado o destruido (SER, 2004), es por esto la importancia de este plan.

Como solución indispensable para la presencia de residuos sólidos en la ronda hídrica del Caño Usivar y por ende el estancamiento de aguas residuales y proliferación de olores ofensivos, se deberá implementar el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (Municipio de Yopal, 2015), específicamente el programa “Recolección, transporte y transferencia”, el proyecto “Establecimiento de mecanismos para el control y manejo de puntos críticos identificados”; y del programa “Aprovechamiento”, los proyectos “Sensibilización, educación y capacitación a los usuarios del servicio de aseo en el municipio de Yopal”

Conforme a la Resolución No 500.41.12.0392 de fecha 11 de abril de 2012, emitida por Corporinoquia, en la cual se da el aval para realizar la respectiva conexión del sistema de tratamiento al emisario final, la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Yopal EICE E.S.P, para el desarrollo del proyecto de Construcción de Emisario Final del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales del Municipio de Yopal, (Corporinoquia, exp 97-1086), se deberá realizar la validación hidráulica del funcionamiento de la estructura, análisis patológico y/o estructural y la revisión general del funcionamiento del emisario final.

Como solución a la descontaminación del Caño Usivar, se deberán utilizar diferentes técnicas de biorremediación como proceso alternativo natural por el cual se estimula la biodegradación del contaminante o la capacidad de recuperación del ecosistema, mediante procesos biológicos, al objeto de minimizar las consecuencias de un contaminante.

Todas las anteriores recomendaciones actividad, proyecto u obra que se pretenda ejecutar en miras de prevención, control y/o minimización de los impactos, por la alteración causada a la calidad del agua del caño Usivar en el municipio de Yopal, debe ir acompañado de un proceso de educación ambiental (Sandoval, 2012) que garantice el cambio cultural de la población objetivo, porque todo logro alcanzado dependerá en un gran porcentaje en la disposición de cambio en cada uno de ellos.

Finalmente se recomienda que las entidades gubernamentales sean más exigentes en cuanto a los sistemas de tratamiento que implementan en la planta de tratamiento de agua residual del municipio de Yopal, en el matadero y el coso municipal para el tratamiento de sus aguas residuales industriales, ya que las piscinas de oxidación que actualmente tienen no es un sistema suficiente para tratar las cargas contaminantes de estas aguas, impidiendo el cumplimiento de los objetivos de calidad y de la normatividad legal vigente.

10. Bibliografía

- Conesa, F. V. (2010). Books.google.com. Obtenido de http://books.google.com.co/books?id=GW8lu9Lqa0QC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Corporinoquia. Expediente N° 97-1086. Permisos ambientales otorgados para la Planta de Tratamiento de Agua Residual Domestica del municipio de Yopal a Cargo de la Empresa de Acueducto Alcantarillado y Aseo de Yopal E.I.C.E S.A E.S.P.
- Corporinoquia. (2005) Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del rio Charte
- Corporinoquia. Resolución N° 200.41.10-0373 Por medio de la cual se establecen objetivos de Calidad de la Cuenca del Rio Cusiana en jurisdicción de Corporinoquia, para el periodo 2010-2020.
- Díaz Cuenca, Elizabeth, ALVARADO, Alejandro & CAMACHO, Elizabeth, (2012). El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/401/40123894005.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación – DNP, (1997). Análisis del sector de agua potable y saneamiento en Colombia, Plan Regional de Inversiones en Ambiente y Salud. Serie Análisis No. 11. Recuperado de: https://www.paho.org/col/index.php?option=com_content&view=article&id=1802:analisis-del-sector-de-agua-potable-y-saneamiento-en-colombia&Itemid=0
- Empresa de Acueducto Alcantarillado y Aseo de Yopal - EAAAY EICE. (2010). Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos del municipio de Yopal
- Empresa de Acueducto Alcantarillado y Aseo de Yopal - EAAAY EICE. (2010). Plan de Manejo Integral - PMI para la Microcuenca del Caño Usivar, Municipio de Yopal.
- Gomez, Domingo. & Gomez Maria Teresa (2003). Evaluacion de Impacto Ambiental. Madrid: Mundi-Prensa.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. (2004). Guía para el monitoreo y seguimiento del agua
- Leopold, L., Clarke, F., Hanshaw, B. & Balsley, J. (1971). A procedure for evaluating environmental impact. Washington: Geological Survey Circular 645, United States Department of the Interior.
- Lizarazo Becerra, Jenny, ORJUELA GUTIERREZ, Martha (2013). SISTEMAS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN COLOMBIA (Monografía presentada como requisito parcial para optar al título de: Especialización en Administración en Salud Pública). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C. Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/11112/1/marthaisabelorjuela2013.pdf>.

- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial - MAVDT (2000). Reglamento Técnico de Saneamiento y agua potable. Título B, p.B30
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - MAVDT. (2004). Plan nacional de manejo de aguas residuales municipales en Colombia
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - MAVDT. (2010) Política nacional para la gestión integral del recurso hídrico
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (7 marzo de 2015). Resolución 631 “Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. 2015
- Municipio de Yopal (2016-2019). Plan de Desarrollo Municipal, “Una Bendición para Yopal”.
- Municipio de Yopal (2013-2015) Plan de Ordenamiento Territorial – POT.
- Municipio de Yopal. (2015) Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos de la Ciudad de Yopal con vigencia 2015-2027, realizado por la Fundación Crear Sostenible, mediante contrato de consultoría 1484-13.
- Reynolds, K. (2002). Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica: Identificación del Problema. Recuperado de: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd27/reynolds.pdf>
- Sandoval, 2012 M. Sandoval Comportamiento sustentable y educación ambiental: una visión desde las prácticas culturales Revista Latinoamericana de Psicología, 44 (1) (2012), pp. 181-196, 10.14349/rlp.v44i1.943
- SER (Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group) (2004). The SER International primer on ecological restoration. Washington D.C. [consultado Nov 2018]. Disponible en: <http://www.ser.org/resources/resources-detail-view/ser-international-primer-on-ecological-restoration>
- Superintendencia de Servicios públicos y domiciliarios - Superservicios (2013). Informe técnico sobre sistemas de tratamiento de Aguas Residuales en Colombia.
- Toro, J., Requena, I. & Zamorano, M. (2010). Environmental impact assessment in Colombia: critical analysis and proposals for improvement. Environ Impact Asses Rev., 30 (4): 247-261.
- Troschinetz, A. and Mihelcic, J. (2009). “Sustainable recycling of municipal solid waste in developing countries”. Waste Management, vol. 29, No. 2, pp. 915-923.