

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA POR MEDIO DE UN ANÁLISIS
FISICOQUÍMICO A PARTIR DE LAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS DESARROLLADAS
EN EL CAÑO BANDERAS, MUNICIPIO DE PUERTO LÓPEZ - META.



DIEGO MEJIA TORRES
DIANA CAROLINA GÚIZA SALCEDO



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO
2020

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA POR MEDIO DE UN ANÁLISIS
FISICOQUÍMICO A PARTIR DE LAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS DESARROLLADAS
EN EL CAÑO BANDERAS, MUNICIPIO DE PUERTO LÓPEZ - META.

DIEGO MEJIA TORRES
DIANA CAROLINA GÜIZA SALCEDO

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Ambiental

Director
Verónica Duque Pardo
Ingeniera ambiental Msc. En Hidrosistemas

Codirector
JAIR BURGOS CONTENTO
Ingeniero Ambiental

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2020

Autoridades Académicas

P. Fray José Gabriel MESA ANGULO, O.P.
Rector General

P. Fray Eduardo GONZÁLEZ GIL, O. P
Vicerrector Académico General

P. José Antonio BALAGUERA CEPEDA, O.P.
Rector Sede Villavicencio

P. Fray Rodrigo GARCÍA JARA, O.P.
Vicerrector Académico Sede Villavicencio

Mg. Julia Andrea Sierra Tobón
Secretaria de División Sede Villavicencio

Yesica Natalia Mosquera Beltrán
Decano Facultad de Ingeniería Ambiental

Nota De Aceptación

YESICA NATALIA MOSQUERA BELTRÁN

Decano de Facultad de Ingeniería Ambiental

VERÓNICA DUQUE PARDO

Director Trabajo de Grado

IBETH ELIANA CALDAS LUJÁN

jurado

JORGE ELIECER PARDO MAYORGA

jurado

Villavicencio, 21 de mayo de 2020

Dedicatoria

Le agradezco a Dios por ser mi compañía incondicional y guía a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en cada momento de debilidad y brindarme nuevas experiencias.

A mis padres, por haberme dado la oportunidad de una excelente educación en el transcurso de mi vida y brindarme siempre una motivación constante y a mi hermosa familia, que son el pilar de mi vida y los que hacen que cualquier sacrificio valga la pena.

Por último, pero no menos importante, gracias a cada uno de mis compañeros, amigos y cercanos que hicieron que estos cinco años de estudio fueran únicos e inolvidables.

Diego Mejía Torres.

Agradezco a Dios por todas sus bendiciones al permitirme continuar con mis metas trazadas, al ser mi apoyo, mi luz y mi camino. A mis padres y a mi hermano que con su esfuerzo y su apoyo incondicional me ayudaron a culminar mi carrera universitaria.

Diana Carolina Güiza Salcedo.

Agradecimientos

A la Universidad Santo Tomas como una institución formadora de profesionales en la región con valores y principios.

A la ingeniera Verónica Duque Pardo directora del trabajo de grado, y al ingeniero Jair Burgos Contento codirector del proyecto, por el acompañamiento y liderazgo durante el proceso de investigación.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería Ambiental sede Villavicencio por su dedicación durante la carrea.

A todos y cada uno de las personas e instituciones que hicieron posible el desarrollo de este proceso de investigación.

Los autores.

Contenido

	Pág.
Resumen.....	15
Abstract	16
Introducción	17
2. Planteamiento del problema.....	19
3. Objetivos	21
3.1 Objetivo general.....	21
3.2 Objetivos específicos	21
4. Justificación	22
5. Alcance	24
6. Marco de referencia	26
6.1 Antecedentes	26
6.2 Marco conceptual.....	30
6.3 Marco teórico	31
6.4 Marco legal	36
7. Metodología	38
7.1 Diseño metodológico	38
7.2 Hipótesis	38
7.3 Variables de estudio.....	39
7.4 Muestras	39
7.4.1 Tamaño de la muestra.	39
7.5 Fases de investigación.....	40
7.5.1 Fase 1: Caracterización de las actividades antrópicas dentro de la ronda hídrica que inciden en la calidad del agua del caño Banderas a partir de una zonificación ambiental.	40
7.5.2 Fase 2. Determinación de la calidad del agua superficial por medio de los parámetros fisicoquímicos del caño Banderas, a partir del índice de calidad del agua (ICA).	41

7.5.3 Fase 3. Definir programas de prevención, control y corrección para la mitigación de las afectaciones a la calidad del agua del caño Banderas.	47
8. Resultados y Análisis de resultados.....	48
8.1 Caracterizar las actividades antrópicas dentro de la ronda hídrica que inciden en la calidad del agua del caño Banderas a partir de una zonificación ambiental.	48
8.2 Determinar la calidad del agua superficial por medio de los parámetros fisicoquímicos del caño Banderas, a partir del índice de calidad del agua (ICA).	60
8.3 Definir programas de prevención, control, corrección de las afectaciones a la calidad del agua del caño Banderas.	71
9. Conclusiones.....	76
10. Recomendaciones	78
Bibliografía	79
Anexos	86

Lista de tablas

pág.

Tabla 1. Variables y ponderaciones del índice ICA para cada variable	34
Tabla 2. Calificación de la calidad del agua según los valores del ICA.	35
Tabla 3. Normatividad aplicable a la investigación.....	36
Tabla 4. Metodologías y unidades de análisis.	39
Tabla 5. Correlación de Pearson frente a los parámetros de análisis.	68
Tabla 6. Cálculo del índice de calidad del agua caño Banderas mediante el método ICA – IDEAM.	69
Tabla 7. Programa para la gestión de residuos sólidos.	72
Tabla 8. Programa para el manejo de agua residual.	73
Tabla 9. Programa de educación ambiental	74
Tabla 10. Programa de reforestación dentro de la ronda hídrica del Caño Banderas	75

Lista de gráficos**Pág.**

Gráfico 1. Pregunta 1 de la encuesta. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.....	54
Gráfico 2. Pregunta 2 de la encuesta. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.....	54
Gráfico 3. Pregunta 3 de la encuesta. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.....	55
Gráfico 4. Pregunta 5 de la encuesta. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.....	55
Gráfico 5. Pregunta 6 parte A de la encuesta. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.....	56
Gráfico 6. Pregunta 6 parte C de la encuesta. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.....	57
Gráfico 7. Pregunta 8 de la encuesta. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.....	57
Gráfico 8. Pregunta 8 de la encuesta. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.....	58
Gráfico 9. Promedio caudal. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.	60
Gráfico 10. Promedio de demanda bioquímica y demanda química. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.	61
Gráfico 11. Promedio pH vs temperatura. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.	63
Gráfico 12. Promedio Conductividad vs Temperatura. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.	64
Gráfico 13. Promedio oxígeno disuelto (mg/L) y temperatura. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.	65
Gráfico 14. Pr. Oxígeno disuelto – vs DBO ₅ – DQO. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.	66
Gráfico 15. Promedio Sólidos suspendidos totales (mg). Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.....	67
Gráfico 16. Correlación de Pearson. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.....	69

Lista de fotografías

pág.

Fotografía 1. Multiparámetro Wtw 3630. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.	42
Fotografía 2. Caudalímetro para medir velocidad. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.	43
Fotografía 3. Rotulación y conservación de muestras. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.	44
Fotografía 4. Inicio del caño Banderas. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.	48
Fotografía 5. Estación de muestreo 1. Nacimiento del caño Banderas. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.	49
Fotografía 6. Estación 2. Bosque de rivera. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.	49
Fotografía 7. Estación 3. Bebedero natural. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.	50
Fotografía 8. Estación 4. Cuerpo de agua lentic. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.	50
Fotografía 9. Estación 5. Vegetación acuática. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.	50
Fotografía 10. Estación 6. Asentamientos. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.	51
Fotografía 11. Contaminación por agua residual y presencia de residuos sólidos. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.	51
Fotografía 12. Condiciones de infraestructura de los asentamientos irregulares. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.	52
Fotografía 13. Drenaje de aguas servidas Barrio Policarpa. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.	52
Fotografía 14. Estación 7. Terminación del caño Banderas. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.	53
Fotografía 15. Desembocadura del caño Banderas. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.	53

Listado de ecuaciones

pág.

Ecuación 1. Fórmula de cálculo de calidad del agua. (IDEAM, 2013).	34
Ecuación 2. Formula ICA promedio.	34
Ecuación 3. Formula estadística de la muestra.	40
Ecuación 4. Formula de caudal. Adaptado IDEAM, 2013	43
Ecuación 5. Formula oxígeno disuelto. (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2013).....	46
Ecuación 6. Formula de sólidos suspendidos totales. Adaptado IDEAM, 2013.	46
Ecuación 7. Formulas demanda química de oxígeno según el valor (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2013).	46
Ecuación 8. Formula conductividad eléctrica. (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2013).....	47
Ecuación 9. Formula pH según el valor. (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2013).....	47

Lista de figuras

pág.

Figura 1. Mapa recorrido caño Banderas y brazo del río Metica. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.	24
Figura 2. Vertimientos puntuales al caño Banderas. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.	59
Figura 3. Zonificación de actividades antrópicas del caño Banderas. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.	60

Lista de anexos

	Pág.
Anexo A. Esquema metodológico	86
Anexo B. Formato de la encuesta	87
Anexo C. Resultados estadísticos de la encuesta.....	88
Anexo D. Control de asistencia de las encuestas realizadas.....	89
Anexo E. Coordenadas geográficas de los vertimientos puntuales	91
Anexo F. Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo.	92
Anexo G. Registro por jornada y estación de análisis.	93

Resumen

El análisis de la calidad del agua del caño Banderas, tuvo como objetivo general evaluar la calidad del agua mediante un análisis fisicoquímico, teniendo en cuenta las actividades antrópicas. La caracterización de las actividades antrópicas refleja que la ganadería; además de la ubicación de una unidad económica dedicada al mantenimiento, reparación y parqueadero de automotores que al realizar sus actividades genera vertimientos mediante el proceso esorrentía; estas actividades tienen factores de afectación directa a la fuente hídrica. Con la selección de los parámetros fisicoquímicos se estableció relación entre los parámetros donde el oxígeno disuelto (O_2) presentó valores bajos, frente a las puntuaciones altas de la demanda biológica de oxígeno (DBO_5) y demanda química de oxígeno (DQO), lo anterior evidencia cambios en la dinámica del ecosistema, debido a la creación natural de aguas estancadas según las precipitaciones en el caño Banderas. De esta manera, el índice de calidad del agua arrojó que el cuerpo de agua presentó una clasificación regular en las primeras cuatro estaciones de muestreo; mientras que las últimas tres estaciones reflejaron una clasificación mala; lo anterior puede obedecer a la influencia generada por los parámetros de DBO_5 y DQO, donde estos valores fueron los más altos, impactando el ICA. Finalmente, se evidenció que el comportamiento sociodemográfico de los asentamientos irregulares evidencia prácticas inadecuadas y desconocimiento sobre el uso y manejo del agua residual; permitiendo formular a partir de esta problemática los programas de prevención, control, corrección de las afectaciones a la calidad del agua del caño Banderas, el primero es la gestión de residuos sólidos el cual busca disminuir la disposición inadecuada de estos residuos; el segundo programas tiene que ver con el manejo de agua residual, que busca a partir de la construcción de los pozos sépticos reducir los vertimientos informales. Por otro lado, el programa de educación ambiental, busca empoderar a la comunidad en general sobre los hábitos, acciones y responsabilidades individuales y colectivas para fortalecer la conservación y preservación del medio ambiente. El último programa de reforestación dentro de la ronda hídrica se enfoca en mantener su estructura hídrica y mejorar la calidad de los ecosistemas del Caño.

Palabras clave: Índice de calidad ICA, actividades antrópicas, asentamientos irregulares, caño Banderas

Abstract

The general objective of the water quality analysis of the Banderas pipe was to evaluate the quality of the water by means of a physicochemical analysis, taking into account the anthropic activities. A quantitative methodology was carried out, through a non-experimental study; Seven sampling stations were determined to carry out the physicochemical analyzes. As a complement, a survey format applied in 47 households was designed. The characterization of anthropic activities reflects that livestock farming; in addition to the location of an economic unit dedicated to the maintenance, repair and parking of motor vehicles that carry out their activities that generate dumping through the runoff process; These activities have factors that directly affect the water source. With the selection of the physicochemical parameters, the relationship between the parameters where the dissolved oxygen (O_2) presented low values, compared to the high frequencies of the biological oxygen demand (DBO_5) and the chemical oxygen demand (COD), is established. The above evidences change in the dynamics of the ecosystem, due to the natural creation of stagnant waters according to rainfall in the Banderas stream. In this way, the water quality index gave the body of water presented a regular classification in the first four sampling stations; while the last three stations located in a bad classification; This may be due to the influence generated by the DBO_5 and COD parameters, where these values were the highest, impacting the ICA. Finally, the sociodemographic behavior of irregular settlements is evidenced, as well as inadequate practices and ignorance about the use and management of wastewater; automatically formulate, based on this problem, the prevention, control and correction programs for the affectations to the water quality of the Banderas stream, the first is solid waste management which seeks to reduce the inadequate disposal of these wastes; The second program has to do with wastewater management, which seeks, from the construction of septic tanks, to reduce informal discharges. On the other hand, the environmental education program seeks to empower the community in general on the habits, actions and individual and collective authorities to strengthen the conservation and preservation of the environment. The latest reforestation program within the water round focuses on maintaining its water structure and improving the quality of the Caño ecosystems.

Keywords: *ICA quality index, anthropic activities, irregular settlements, caño Banderas*

Introducción

Los procesos de desarrollo aportan al deterioro de los sistemas hídricos, lo cual logra alterar hasta el 45% del entorno de los sistemas naturales (Carbone, García, Marcovechio, Piccolo, & Perillo, 2013). Del mismo modo, las fuente hídricas se han convertido en receptores de aguas residuales, derrames industriales y todo tipo de material que el hombre deja de usar (Segura, 2017). Según el estudio de Díaz y Granada (2018) en Colombia no se tiene una cultura de preservación y conservación de fuentes hídricas, a pesar de que existe una normatividad enfocada en estos temas.

El deterioro del medio ambiente y sus consecuentes efectos negativos en la calidad de vida, son producto de la acelerada tasa de crecimiento poblacional (Monforte & Cantú, 2009). De igual manera la falta de un Plan de Ordenamiento Territorial ha ocasionado la aparición de asentamientos irregulares, los cuales carecen de conexión a los sistemas de alcantarillado municipales. Llevando a estas comunidades a conducir sus aguas residuales directamente en los cauces de cuerpos de agua aledaños, provocando así un impacto a corto y largo plazo sobre la fuente receptora (Salazar, 2015).

El contexto de análisis del caño Banderas ubicado en el municipio de Puerto López - Meta, al oriente de Colombia, no es ajeno a esta problemática, en su margen izquierda se han establecido cuatro asentamientos humanos legalmente establecidos (La Unión, Policarpa, Santander y Abel Rey) y otros asentamientos irregulares, que aportan dos descargas directas, el primero de ellos, el recolectado por el sistema de alcantarillado mixto municipal, es decir que recibe aguas lluvias y las aguas servidas de los hogares que se encuentran a su alrededor y el segundo los provenientes directamente de las viviendas no conectadas (Consejo Municipal, 2015).

Asimismo, los residuos sólidos que llegan a la ronda hídrica generan una contaminación, además de aumentar la presencia de olores, proliferación de vectores y daño a la estética paisajística del ecosistema (Consejo Municipal, 2015).

Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística, la población de Puerto López en la cabecera para el año 2005 era de 18.530 personas en 2018 se incrementó hasta 28.270 personas (Departamento Administrativo Nacional de Estadística., 2018) el incremento poblacional de los asentamientos irregulares que ejercen presión directa al caño Banderas, llevo a la presente investigación a plantear como objeto la evaluación de la calidad del agua por medio de un análisis fisicoquímico a partir de las actividades antrópicas y la aplicación del índice de calidad del agua (ICA).

Para la ejecución de este proyecto, se realizaron 2 jornadas de recorrido de campo donde se identificaron las actividades antrópicas y los vertimientos puntuales, posteriormente se ejecutaron 47 encuestas a los habitantes que se encuentran dentro de la ronda hídrica del caño Banderas y se seleccionaron 7 estaciones representativos para la toma de muestras de agua, realizado en cuatro meses, de agosto a noviembre de 2019. Se obtuvieron los datos tanto para la determinación del ICA como de la presión antrópica, con el fin de aplicar las ecuaciones de referencia para cada parámetro monitoreado y luego emplear la formula general del ICA, permitiendo evidenciar la calidad del agua. Esto con la necesidad de contribuir a conservar este recurso hídrico a partir de programas de prevención, control y corrección para la mitigación de las afectaciones de la calidad del agua del caño Banderas.

2. Planteamiento del problema

En Colombia la contaminación del recurso hídrico obedece en su mayoría a situaciones generadas por la actividad humana. Rodríguez (2016) considera un ejemplo de ello los asentamientos humanos que se han ubicado cerca de las rondas hídricas debido a la inadecuada implementación de los Planes de Ordenamiento Territorial (POT, PBOT y EOT), algunos de estos asentamientos no cuentan con un sistema de tratamiento de aguas residuales, por lo que esto conlleva a que se realicen vertimientos puntuales a las fuentes hídricas, convirtiéndose en puntos recolectores de residuos sólidos y de aguas residuales domésticas que perjudican la calidad de los ecosistemas acuáticos (Trujillo et al., 2017).

Para el estudio específico el Caño Banderas no es ajeno a esta situación, debido a que recibe vertimientos de aguas residuales domésticas no tratadas por la población de los asentamientos urbanos e irregulares que no se encuentran interconectados a los sistemas de alcantarillado realizando vertimientos puntuales ilegales que deterioran gradualmente la calidad del recurso hídrico.

Años atrás el caño Banderas presentaba condiciones aptas para la realización de actividades de pesca para el abastecimiento, además del uso recreativo de los habitantes, esta información se obtuvo de conversaciones externas realizadas con la comunidad; actualmente, el afluente presenta cambios en la calidad del agua debido a los vertimientos que recibe; de ahí, la necesidad de realizar los estudios que permitan identificar el nivel de contaminación presente en el afluente (Rodríguez, 2016).

Considerando los planteamientos realizados por Carbone et al., (2013) quien señala que el desarrollo de las actividades económicas como la ganadería intensiva, cuando no utiliza las buenas prácticas de manejo puede ocasionar un impacto negativo en la calidad del agua; debido a que contribuye a la eutrofización y degradación de ríos y caños (Carbone et al., 2013, p. 45). Se destaca que las fuentes de contaminación proceden de las heces, residuos de los concentrados, así como

de los pesticidas y fertilizantes utilizados en los monocultivos de grano para aprovechamiento animal (Agudelo, Rivera, Bernal, & Castaño, 2012).

En ese orden de ideas, el Índice de Calidad del agua (ICA) es una herramienta que permite identificar la calidad del agua de un cuerpo de agua superficial en un tiempo determinado, mediante la incorporación de parámetros físicos, químicos y biológicos en una ecuación matemática, mediante la cual se evalúa el estado de un cuerpo de agua (Caho, C., & López, E, 2017).

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Evaluar la calidad del agua del caño Banderas por medio de un análisis fisicoquímico, teniendo en cuenta las actividades antrópicas desarrolladas en esta.

3.2 Objetivos específicos

Caracterizar las actividades antrópicas dentro de la ronda hídrica que inciden en la calidad del agua del caño Banderas a partir de una zonificación ambiental.

Determinar la calidad del agua superficial por medio de los parámetros fisicoquímicos del caño Banderas, a partir del índice de calidad del agua (ICA).

Definir programas de prevención, control y corrección de las afectaciones a la calidad del agua del caño Banderas.

4. Justificación

El agua de los ríos son la base para el desarrollo de las sociedades humanas y de allí sus sistemas de producción como la acuicultura, riego de cultivos, recreación, generación eléctrica e industrial, y parte importante del abastecimiento público; debido al aumento poblacional, directamente se ha incrementado la frecuencia de éstas actividades, generando un desmedido consumo y presiones sobre los recursos hídricos, como la generación de residuos líquidos y sólidos, de forma cíclica, de nuevo se revierten a los ríos, es decir, afectan tanto la cantidad (caudales) como la calidad. Esta problemática además de causar contaminación a fuentes hídricas conlleva a conflictos entre comunidades y usuarios, así como la alteración de los ecosistemas acuáticos, vegetación y fauna ribereña (Bustamante, Galindo, Jaramillo, & Vargas, 2016).

El caño Banderas al ser recolector de aguas residuales mixtas y aguas lluvias, tiene gran importancia para el municipio, por ser el principal afluente del brazo del río Metica (Aguilar & Solano, 2018, p. 22). En relación a la problemática de las aguas negras que circulan por esta fuente tienen comportamientos diferentes según los períodos de lluvias o periodos secos en los que por este caño solo circulan las aguas residuales y en ocasiones se estancan generando problemas sanitarios; mientras que en épocas de lluvia se presentan reflujos de aguas negras ocasionando inundaciones, presentándose esta situación por el aumento de la cota del brazo del río Metica generando represamiento e impidiendo el flujo normal del agua del caño y por la construcción de un jarillón de 2 metros, el cual no deja circular el agua; además, la ganadería es otro de los factores que puede incidir en la contaminación del caño por medio de escorrentías (Bedoya & Ramírez, 2016).

La preocupación se fundamenta al considerar que es una fuente que puede brindar funciones ecológicas, además de ser un promotor de la regulación hídrica, que contribuyen a la conservación del espacio mediante la integración de la fauna y flora nativa, favoreciendo el desarrollo del entorno local (Velosa, 2016). De igual manera, estos aportan a la estructura del Plan de Manejo Ambiental del caño Banderas del municipio de Puerto López Meta.

Tomando como punto de análisis la problemática anterior, se presentó el proyecto de investigación con el objetivo de caracterizar las actividades antrópicas desarrolladas en el caño Banderas; así mismo, se espera que mediante el Índice de Calidad del Agua (ICA) y los muestreos obtenidos de los parámetros fisicoquímicos se pueda establecer una relación con la calidad del agua, en relación a la clasificación que se obtiene y al nivel de alarma que puede presentar el afluente del caño Banderas; de esta manera autores como (Caho & López, 2017) expresan que al analizar la vulnerabilidad del afluente se puede identificar a tiempo los impactos potenciales que pueden presentarse; de esta manera el análisis se convertirá en un punto de partida para otros estudios con mayor profundidad. Finalmente, definir programas de prevención, control y corrección de las afectaciones a la calidad del agua del caño Banderas.

5. Alcance

Especialmente el estudio se desarrolló en el caño Banderas, localizado en el municipio de Puerto López, departamento del Meta. El área de estudio se realizó mediante el recorrido de 3,37 Kilómetros, después de la laguna pozo treinta al sur del área urbana, hasta su desembocadura en el brazo del río Metica (ver figura 1)

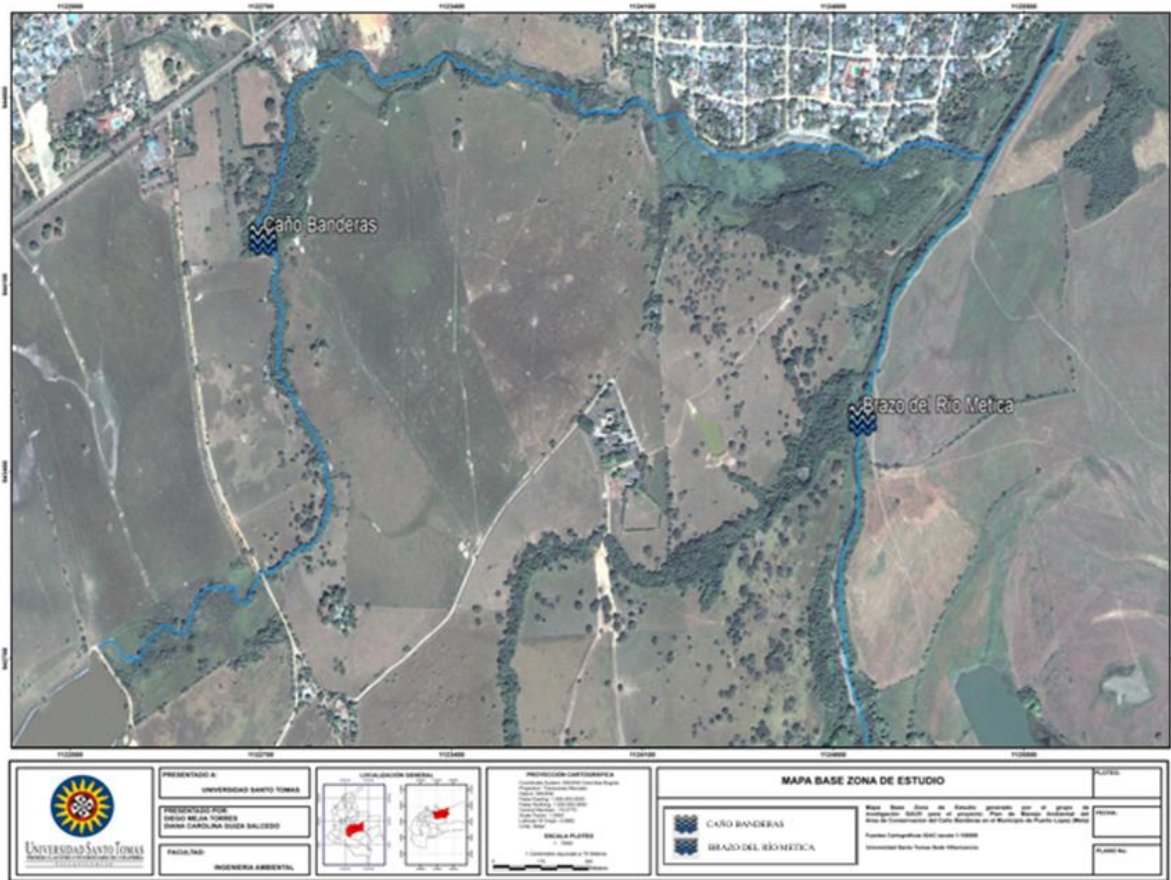


Figura 1. Mapa recorrido caño Banderas y brazo del río Metica. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

El estudio se desarrolló en un periodo de 4 meses, comprendido entre los meses de agosto a noviembre de 2019. Se espera que los resultados que se obtuvieron sirvan de soporte para la fase de diagnóstico del Plan de Manejo Ambiental de caño Banderas y la Alcaldía de Puerto López,

quienes en un esfuerzo conjunto pueden abordar la problemática de contaminación del recurso hídrico superficial por vertimientos de aguas residuales domésticas. La investigación se enfocó en evaluar la incidencia de las actividades antrópicas con respecto al índice de calidad del agua en corrientes superficiales (ICA), teniendo en cuenta los diferentes parámetros fisicoquímicos.

6. Marco de referencia

6.1 Antecedentes

En el plano internacional el artículo *Índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac, Hidalgo, México: diagnóstico y predicción*, presento la valoración del índice de calidad del agua como método estandarizado para comparar la categoría de manera integral, entre localidades y a través del tiempo, de los distintos almacenamientos de agua, ríos y arroyos de la cuenca del Amajac (Alvarez et al., 2006)

El artículo describe una metodología cuantitativa con tres muestreos (2005- 2006) determinando parámetros como: Oxígeno disuelto, Coliformes Fecales, pH, Demanda bioquímica de oxígeno, Nitratos, Fósforo total, Turbidez y Sólidos Totales Disueltos, con el fin de predecir la calidad integral del agua (ICA), se hizo un análisis de regresión múltiple entre el ICA y los ocho parámetros analizados (Alvarez et al., 2006, p.38)

Los resultados obtenidos indican que la calidad del agua para uso urbano, agua de bebida, piscícola, y agrícola fue de Calidad Media (ICA = 50-69), en el 29% de los sitios muestreados dentro de la cuenca hidrológica del Río Amajac. Al mismo tiempo, el 59% de las localidades fue de Mala Calidad (ICA = 30-49). Por último, el 12% de los sitios se encontró altamente contaminado (ICA < 30). El mejor ajuste de los parámetros analizados se obtuvo con los modelos cuadráticos y cúbicos. Los componentes que más influencia tuvieron en la contaminación del agua fueron el oxígeno disuelto y los coliformes fecales (Alvarez et al., 2006, p. 56)

Para confrontar la visión del antecedente anterior, se trae a mención el artículo *Aplicación del ICA-NSF para determinar la calidad del agua de los ríos Ozogoché, Pichahuiña y Pomacocho- Parque Nacional Sangay-Ecuador*, apoyado en el estudio cuantitativo relaciono la valoración del nivel del agua, utilizando el Índice de Calidad de Agua (ICA) en los ríos alto andinos Ozogoché, Pichahuiña y Pomacocho con el fin de analizar los cambios generados por cambios medioambientales y actividades antrópicas (Coello, Ormaza, Recalde, & Rios, 2015).

Con el análisis físico-químico y microbiológico se tomaron 6 puntos de monitoreo en el río Ozogоче, 8 en el Río Pichahuiña y 4 en el Pomacocho durante un año cubriendo las épocas secas y de lluvia (Coello et al., 2015).

Los resultados promedio de nueve parámetros analizados se utilizaron para determinar el ICA de cada río, determinando que las tres microcuencas presentan buena calidad. Existen parámetros que muestran mayor variación como sólidos totales, sulfatos y conductividad cuyos picos máximos se alcanzaron en los meses de menor precipitación (Coello et al., 2015).

Reconociendo la participación de Custodio y Pantoja (2012) frente a la formulación del artículo *Impactos antropogénicos en la calidad del agua del río Cunas*, donde se logró analizar como utilizando la metodología cuantitativa de corte descriptivo con un diseño no experimental longitudinal con un muestreo de tres estaciones.

Cuyo resultado reflejo que el río Cunas, destinado para consumo humano, provincia de Chupaca, departamento de Junín Perú, donde se identificaron los impactos que generan las actividades antrópicas sobre la calidad del agua, con la consecuente generación de presiones sobre el entorno humano, natural y socioeconómico; poniendo en riesgo la salud de las personas y el ecosistema (Custodio & Pantoja, 2012).

En Colombia, se presentó el documento que analiza cuatro índices de contaminación del agua a partir del parámetros que mediante una base de correlación los autores (Ramírez, Restrepo, & Viña, 1997) dimensionaron a partir de la experiencia acumulada en programas de monitoreo hidrobiológicos, implementados por la industria petrolera en Colombia por más de seis años y en los resultados arrojados por estadísticas multivariadas.

Por tanto, los índices se desarrollaron con base en legislaciones de diversos países, acordes con las concentraciones de las distintas variables y los usos potenciales de las aguas. Dichos índices de contaminación (ICO) son: ICOMI o de mineralización, ICOMO o de contaminación orgánica, ICOSUS relativo a los sólidos suspendidos, e ICOTRO o trofia del sistema. Los índices son de

fácil estimación (matemática o gráficamente) y permiten puntualizar el tipo de problema ambiental existente (Ramírez et al., 1997).

En la ciudad de Villavicencio, los autores Aguilar y Solano (2018) presentaron el trabajo de grado con el título *Evaluación del impacto por vertimientos de aguas residuales domésticas, mediante la aplicación del índice de contaminación (ICOMO) en Caño Grande, localizado en Villavicencio -Meta*, el estudio señala que utilizó el índice de contaminación ICOMO que está ubicado en el tramo de 4.9 km.

Se utilizó una metodología de tipo cuantitativa que permitió evaluar los parámetros fisicoquímicos, dividido en tres fases para comprobar la hipótesis planteada sobre el estado de la calidad del agua en relación al contenido de materia orgánica del afluente caño Grande, está determinado por el aporte de los vertimientos domésticos en la zona de estudio. Utilizó como muestra la precipitación entre 186 mm/año y 500 mm/año con 4 muestreos de los 2 parámetros exsitu (DBO₅ - Coliformes Totales) y 4 mediciones de los parámetros in-situ, en cada estación (Caudal, Temperatura, pH, Oxígeno disuelto, Conductividad) (Aguilar & Solano, 2018, p. 45).

Los resultados determinaron que el flujo volumétrico de vertimientos es 9,3 veces más bajo en relación con el caudal del afluente; lo que permitió una mayor capacidad de dilución de los contaminantes aportados por las aguas residuales domésticas, por lo cual, se sugiere realizar estudios en la temporada de baja pluviosidad, donde el efecto del volumen de contaminantes aportados en relación a la capacidad de asimilación del afluente pueda verse afectado por el bajo caudal transportado, en tanto, mostrar una afectación superior de contaminación por materia orgánica, evidenciada en valores del ICOMO más elevados (Aguilar & Solano, 2018, p. 64).

El antecedente anterior, será utilizado como base de correlación para relacionar la participación de las actividades antrópicas, en función de la contaminación del agua, asociado a la participación de la materia orgánica que son aportados por los vertimientos domésticos puntuales.

Continuando con otro antecedente local, Montero y Ramírez (2018) elaboraron el trabajo de grado denominado *Análisis de la variabilidad en la calidad del agua, a partir del uso de índices de contaminación (ICO's) como aporte al POMCA de la Cuenca del río Guayuriba*, donde se

presentó un análisis comparativo de las variaciones de la calidad del agua, utilizando una metodología cuantitativa de tipo descriptivo en el que se analizan los muestreos mediante el programa estadístico SPSS (Montero & Ramírez, 2018).

De esta manera, al caracterizar los índices de contaminación de las aguas superficiales de la Cuenca del río Guayuriba los resultados obtenidos demuestran que la contaminación del cauce principal del río Guayuriba, aumento significativamente para el año 2018, este cambio generó como consecuencia de intromisiones antrópicas implementadas en los últimos ocho años, tales como descargas de aguas residuales directas. Así mismo, la intromisión agrícola con el vertido de agroquímicos y residuos producto del beneficio y procesamiento agrícola de la palma, por parte de las empresas extractoras cercanas a las estaciones de muestreo. Estas situaciones son las causantes de alterar las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua, lo que es evidenciado en los resultados obtenidos mediante los índices de contaminación (Montero & Ramírez, 2018).

Continuando con el artículo presentado por Rodríguez, Serna y Sánchez (2016) denominado *Índices de calidad en cuerpos de agua superficiales en la planificación de los recursos hídricos*, en el cual se llevó a cabo una revisión documental sobre los índices de calidad del agua en cuerpos superficiales, para lo cual utilizaron una investigación de tipo exploratorio, donde se clasificó la información obtenida mediante la correlación de estructura y métodos de análisis de la calidad del agua (Rodríguez, Serna, & Sánchez, 2016)

Los resultados encontrados reflejan como el propósito de utilizar el método ICA como un indicador sobre la condición del agua frente a la presencia o ausencia de su externalidad o contaminación involucra las acciones de valoración y monitoreo para determinar su calidad; donde se pueden utilizar variables como oxígeno disuelto, coliformes, pH, conductividad, alcalinidad, cloruros, temperatura, entre otras que permiten comprender los cambios físicos y químicos que están presentes en la calidad del agua (Rodríguez et al., 2016).

6.2 Marco conceptual

La *contaminación del agua* es la introducción de una o varias sustancias ajenas al agua que se han ido acumulando directa o indirectamente hasta el punto de generar un desequilibrio en la vida de los seres vivos (Díaz & Granada, 2018), esto debido a la presencia de *actividades antrópicas*, que son aquellas inherentes a los seres humanos que pueden afectar los ciclos y el equilibrio de la naturaleza, es decir que son las acciones que realiza el hombre en alguna fuente o ecosistema natural, generando un cambio o alteración en sus propiedades para su beneficio o el de una comunidad (Díaz & Granada, 2018).

Debido a los vertimientos de *aguas residuales domesticas* son producto de la utilización del líquido en las diferentes actividades de un hogar (Delgado, Esteller, & López, 2005). Por otro lado, al analizar que los vertimientos de *agua residual municipal* describe actividades residenciales, recreativas e industriales, transportadas por una red de alcantarillado de agua residual industrial (Sarria, Parra, Rincón, Torres, & Pulgarín, 2005). Así mismo, las *aguas lluvias* que son recolectadas y almacenadas en los momentos y períodos de lluvias por cualquier mecanismo para su uso (Delgado et al., 2005).

Con el fin de identificar la *calidad de agua* de un cuerpo superficial o subterráneo en un tiempo determinado, se hace por medio del índice de calidad de agua según el IDEAM, en donde se define como el valor numérico que califica en una de cinco categorías, la calidad del agua de una corriente superficial, con base en las mediciones obtenidas para un conjunto de cinco o seis variables, registradas en una estación de monitoreo j en el tiempo t (Lizarazo & Orjuela, 2013).

Igualmente se tiene que tener en cuenta el *uso de suelo*, como lo es el suelo urbano que es destinado a usos urbanos por el esquema de Ordenamiento Territorial, en el cual se clasifica en uso residencial, comercial, de servicios, institucional, industrial, protector, por espacio público, por protección del patrimonio; mientras que en el suelo rural conllevan al aprovechamiento de los recursos naturales y producción agrícola, pecuaria y afines, repitiéndose en el uso urbano y rural el uso recreativo, principal, complementario, restringido y prohibido (Custodio & Pantoja, 2012)

6.3 Marco teórico

Recurso hídrico

El agua es uno de los recursos fundamentales para la vida en la tierra, siendo el componente básico de los ciclos ecológicos. La cuestión de la disponibilidad de agua para el consumo humano en el mundo, es un tema que hoy provoca discusión, aunque existe unanimidad en cuanto a la necesidad de su gestión y racionalización. El acelerado crecimiento de las actividades humanas, acompañado por el crecimiento poblacional, por el consumo para la producción de bienes y por la contaminación generada, han comprometido la disponibilidad de ese recurso (Yoshinaga & Albuquerque, 2011)

Desde la posición de la UNESCO (2007) en el informe de responsabilidad ambiental reconoce que el agua es distribuida irregularmente en toda la Tierra, debido a los diversos factores físicos que influyen en esa distribución. El patrón de precipitaciones en todo el mundo es causado por la circulación de la atmósfera que distribuye la humedad y la energía; La mayor abundancia de lluvias se presenta en las regiones intertropicales y templadas.

Agua residual

Las aguas residuales se pueden definir como aquellas que, por uso del hombre, representan un peligro y deben ser desechadas, porque contienen gran cantidad de sustancias y/o microorganismos. Ahora bien, continuando con los elementos que abordan las aguas residuales, debido a la gran cantidad de sustancias y microorganismos que portan, pueden ser causa y vehículo de contaminación, en aquellos lugares donde son evacuadas sin un tratamiento previo. (Rodríguez, 2016)

Se puede definir la polución del agua como una modificación, generalmente provocada por el hombre, de la calidad del agua, haciéndola impropia y peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca, las actividades recreativas, así como para los animales domésticos y la vida natural (Orozco, 2005).

En cuanto a los efectos del agua residual se pueden encontrar los malos olores que como consecuencia de la diversidad de sustancias que portan, y, sobre todo, de los productos de la descomposición de éstas, especialmente en aquellos procesos, sobre todo anaerobios, en los que se descompone materia orgánica, con desprendimiento de gases. A esto hay que añadir las causas naturales de olores y sabores: la proliferación de microorganismos, los procesos de descomposición, la presencia de vegetación acuática, mohos, hongos, etc., y la reducción de sulfatos a sulfuros, en condiciones anóxicas (Rodríguez, 2016)

Por otro lado, Aguilar y Solano (2018) señala que la acción tóxica que genera efectos y la repercusión que tienen algunos residuos sobre la flora y fauna natural de las masas hídricas receptoras y sobre los consumidores que utilicen esas aguas, o que se vean afectados por la acumulación de estas sustancias tóxicas en la cadena alimentaria. A este respecto, Orozco (2005) argumenta que es importante tener en cuenta que en numerosas ocasiones las aguas residuales se utilizan, sin un tratamiento previo, para el riego de cosechas de verduras y hortalizas, con el enorme riesgo que esto supone, ya que el hombre puede consumirlas crudas, pasando a él directamente la contaminación por tóxicos o microorganismos.

Así mismo, presentan compuestos orgánicos de efluentes domésticos e industriales: representan el problema más antiguo de contaminación del agua. Donde al priorizar los efectos de los residuos domésticos sobre los industriales, debido al potencial de efectos agudos sobre la salud que poseían los residuos humanos, comparados con la creencia de que los residuos industriales producían sólo efectos indirectos. Pero conforme fueron apareciendo nuevos compuestos químicos procedentes de las industrias, se empezó a prestar una mayor atención a los efectos de los residuos industriales sobre la salud y su impacto en el medio ambiente (Delgado et al., 2005).

Así mismo, otro factor que genera efectos en el recurso hídrico son los compuestos inorgánicos y minerales: proceden de industrias mineras y de productos químicos inorgánicos. Entre ellos podemos citar amonio, cianuros, fluoruros, sulfuros, sulfitos y nitritos.

De igual manera, se puede hablar de los compuestos procedentes de efluentes agrícolas: los residuos agrícolas contienen altos niveles de nitratos, fosfatos, amonio y sulfuros, y el drenaje de

los silos puede ser tóxico, debido a sus bajos niveles de pH. Pero los compuestos más tóxicos de estos efluentes son los fertilizantes, herbicidas, fungicidas e insecticidas (Delgado et al., 2005).

Continuando con el efecto de la Eutrofización que es un proceso que se puede dar de forma natural, pero que puede estar también provocado por la acción del hombre, mediante vertidos ricos en fósforo y nitrógeno. Estos compuestos se encuentran, principalmente, en las excretas y los detergentes, aunque también puede haber contribución de la escorrentía agrícola. Estos compuestos estimulan el crecimiento desmedido de microflora que puede causar problemas al alterar los caracteres organolépticos y dificultar los tratamientos, restringiendo, así, la utilización de estas aguas (Coello et al., 2015), (Orozco, 2005).

Índice de la calidad del agua

El índice de calidad de agua (ICA) es una herramienta que permite identificar la calidad de agua de un cuerpo superficial o subterráneo en un tiempo determinado. (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2013). En general, el ICA incorpora datos de múltiples parámetros físicos, químicos y biológicos, en una ecuación matemática, mediante la cual se evalúa el estado de un cuerpo de agua. Por medio del ICA se realizan análisis sobre la calidad del agua en diferentes niveles, y determinar la vulnerabilidad del cuerpo frente a amenazas potenciales. Esta herramienta surge como una alternativa para la evaluación de los cuerpos hídricos permitiendo que los procesos de formulación de políticas públicas y seguimientos de los impactos sean más eficaces.

Para explicar el estado en cuanto a la cantidad y calidad del agua en Colombia, se desarrolló el Sistema de Indicadores Hídricos que pretenden responder a los cuestionamientos sobre la disponibilidad del recurso y las restricciones por afectaciones a la oferta o a la calidad. Estos índices están asociados al régimen natural (Índice de Aridez - IA, Índice de Regulación Hídrica - IRH) y a la intervención antrópica (Índice de Uso del Agua - IUA, Índice de Vulnerabilidad al desabastecimiento- IVH, Índice de Amenaza Potencial por Afectación a la Calidad del Agua - IACAL e Índice de Calidad del Agua - ICA) (IDEAM, 2013).

La fórmula de cálculo del indicado es:

$$ICA_{njt} = \left[\sum_{i=1}^n W_i \cdot I_{ikjt} \right]$$

Ecuación 1. Fórmula de cálculo de calidad del agua. (IDEAM, 2013).

Dónde: njt ICA es el Índice de calidad del agua de una determinada corriente superficial en la estación de monitoreo de la calidad del agua j en el tiempo t, evaluado con base en n variables.

Wi Es el ponderador o peso relativo asignado a la variable de calidad i. ikjt I Es el valor calculado de la variable i (obtenido de aplicar la curva funcional o ecuación correspondiente), en la estación de monitoreo j, registrado durante la medición realizada en el trimestre k, del período de tiempo t. n Es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador; n es igual a 5, o 6 dependiendo de la medición del ICA que se seleccione. Se recomienda que la tabla de datos del indicador incluya el valor promedio, para reportes interinstitucionales, de ese periodo, que se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$ICA \text{ promedio}_{njt} = \sum_{i=1}^n \left[\sum_{k=1}^n W_i \cdot I_{ikjt} \right]$$

Ecuación 2. Formula ICA promedio.

Tabla 1. *Variables y ponderaciones del índice ICA para cada variable*

Variables	Unidad de medida	Ponderación
Oxígeno Disuelto, OD	% Saturación	0,2
Sólidos suspendidos totales, SST	mg/l	0,2
Demanda química de oxígeno, DQO	mg/l	0,2
Conductividad eléctrica, C.E	μS/cm	0,2
pH	Unidades de pH	0,2

Nota: se presentan las variables de analisis, además de unidades de medida. Adaptado IDEAM, 2013)

Al tener el valor final de la ecuación general del ICA se observará la relación entre los valores del indicador y la calificación de la calidad del agua:

Tabla 2. *Calificación de la calidad del agua según los valores del ICA*

Categorías del indicador	Calificación de la calidad del agua	Señal de alerta
0,00 – 0,25	Muy mala	Rojo
0,26 – 0,50	Mala	Naranja
0,51 – 0,70	Regular	Amarillo
0,71 – 0,90	Aceptable	Verde
0,91 – 1,00	Buena	azul

Nota: se describe la calificación de la calidad del agua, según los valores del ICA. Adaptado IDEAM, 2013..

Asentamientos urbanos

Los asentamientos irregulares son conjuntos de viviendas que han sido construidas y financiadas por sus ocupantes, y que se encuentran en tierras fiscales o privadas que no son propiedad de los dueños de las viviendas (Castro, Miguel, & Rodríguez, 2014). Considerando que estos asentamientos no cuentan en su mayoría con el acceso a servicios, como agua potable, drenaje, autoconstrucción, entre otros (Hernandez, 2015).

La contaminación ambiental y los efectos en el recurso hídrico

Desde la posición de la Organización Mundial para la Salud (2010) la calidad de vida es la “percepción que un individuo tiene de su lugar en la existencia, en el contexto de la cultura y del sistema de valores en los que vive y en relación con sus objetivos, sus expectativas, sus normas y sus inquietudes” (p. 45).

Analizando la participación que tiene el desarrollo del entorno en función de las expectativas de la comunidad, y para ello es importante analizar el concepto de calidad de vida, en el cual se asume la integración adecuada entre el ambiente, la cultura y las relaciones de los seres humanos; De ahí, la importancia de la construcción de acciones que busquen dinamizar el nivel de afectación por las actividades antrópicas (Orozco, 2005).

Entonces al comprender que la contaminación del agua es:

La acción y efecto de introducir en el agua materias o formas de energía o inducir condiciones que de modo directo o indirecto impliquen una alteración perjudicial de su calidad, en relación con los usos posteriores o con su función ecológica (Rodríguez, 2010, p. 11).

6.4 Marco legal

Para el estudio, se tuvo en cuenta el marco normativo correspondiente a lo siguiente:

Tabla 3. *Normatividad aplicable a la investigación*

Constitución Política de Colombia de 1991 (art 8, 49,79,80 y 95)	Con el artículo 8 y 95 mencionan el deber que el Estado les concede a los ciudadanos de velar por la protección de los recursos naturales. Así mismo en el artículo 49 describe que el Estado será el encargado de realizar medidas de saneamiento ambiental, con el fin de brindar mejores condiciones a la comunidad. En el artículo 79 se hace énfasis en el derecho de las personas de gozar de un ambiente sano, para lo cual en el artículo 80 señala que el estado garantizara la planificación y aprovechamiento de estos recursos naturales. (Congreso de Colombia, 1991)
Ley 99 de 1993	Describe las actividades que el sector público tendrá a su cargo para la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables y organiza el sistema nacional ambiental SINA. (Congreso de Colombia, 1993)
Ley 388 de 1997 artículo 9 y 39	Establece la identificación de los planes de trabajo del municipio, comprendiendo que se deben analizar en función del Ordenamiento Territorial. (Congreso de Colombia, 1997)
Decreto Ley 2811 de 1974	Bajo este título se creó el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, con el fin de dar a conocer las directrices en materia de manejo de residuos, desechos y desperdicios que afectan el medio ambiente, comprendiendo que en el desarrollo de las actividades se propende por una planeación y manejo de la cuenca. (República de Colombia, 1974)
Decreto 1076 de 2015: en los artículos 2.2.3.3.1.1 al 2.2.3.3.9.1 y 2.2.3.2.20.5)	<i>Se habla del usos del recurso hídrico, el ordenamiento del recurso hídrico y los vertimientos al recurso hídrico o al alcantarillado, protección y conservación de los bosques.(Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015)</i> <i>Así mismo el artículo 2.2.3.3.9.10 que describe los criterios de calidad para preservación de flora y fauna aguas dulces, frías o cálidas. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015)</i>

Continuación Tabla 3 *Normatividad aplicable a la investigación*

Decreto 3930 de 2010:	El presente decreto 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.
Resolución 0631 de 2015:	Describe 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” (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015)

Nota: Normatividad Colombiana referente a los recursos hídricos, código nacional de recursos renovables. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

7. Metodología

7.1 Diseño metodológico

La metodología empleada fue de tipo cuantitativo bajo la fundamentación teórica de (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014) quienes abordan la participación de procesos de análisis que permitirán mediante la estadística reconocer los procesos implicados en la realidad, donde se recrea la afectación de las actividades humanas en el recurso hídrico.

Así mismo, se realizó un estudio no experimental en el cual se presentaron los datos obtenidos mediante el muestreo de las estaciones seleccionados sin que los investigadores realicen una manipulación de variables, donde se abordó la información de manera descriptiva permitiendo desarrollar ciclos de análisis basados en la triangulación de la teoría y los resultados obtenidos en la investigación frente a otras investigaciones realizadas con antelación a esta.

A partir de ahí, se seleccionaron las variables independientes que inciden tales como: actividades antrópicas (causa), sobre las dependientes, pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno (efecto). La temporalidad del estudio comprendió en la temporada seca del año 2019.

Continuando con el desarrollo de los procesos, el estudio contempló tres fases generales que propenden por el logro de los objetivos. De esta manera este estudio inició con la identificación de las actividades antrópicas, determinación de las características físicas y químicas del caño y finalizó con la generación de propuestas para la mitigación a la afectación en la calidad del agua del caño Banderas (Ver anexo A – Esquema metodológico).

7.2 Hipótesis

Ho. La calidad del agua en el caño Banderas no presenta contaminación en diferentes estaciones del mismo, debido a las actividades antrópicas.

H1. La calidad del agua en el caño Banderas presenta contaminación en diferentes estaciones del mismo, debido a las actividades antrópicas.

7.3 Variables de estudio

En la tabla 4 se presentan las variables de estudio con respectivo método de análisis y unidades de medida.

Tabla 4. *Metodologías y unidades de análisis.*

Medición	Parámetro	Método	Unidades
In situ	Conductividad	*Celdas de medición IDS para conductividad	μS/cm
	Oxígeno disuelto	*Sensor óptico IDS	mg/L
	pH	*Electrodos IDS	[H ⁺]
	Temperatura	*Sensor temperatura	°C
	Caudal	***Sensor electromagnético	L/s
Ex situ	DQO	**SM 5220 B	mg/L
	DBO ₅	**SM 5210B – SM 4500 OG	mg/L
	Solidos suspendidos totales	**SM 2540 D	mg/L

Nota: *Medición con Multiparámetro Wtw 3630. **Medición en laboratorio. ***Medición con Caudalímetro HAHC. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

Las muestras se procesaron en el laboratorio de aguas en el Campus Aguas Claras de la Universidad Santo Tomás sede Villavicencio.

7.4 Muestras

7.4.1 Tamaño de la muestra.

En el desarrollo de las actividades se establecieron dos muestreos, el primero permitió identificar las 64 viviendas en la categoría de asentamientos irregulares; que arrojó un muestreo de 47 viviendas encuestadas.

$$n = \frac{z^2(p * q)}{e^2 + \frac{(z^2(p * q))}{N}}$$

Ecuación 3. Formula estadística de la muestra.

Margen de error: 10%

Nivel de confianza: 99%

Tamaño de la población: 64

Tamaño de la muestra: 47

Donde:

n = tamaño de la muestra

z = nivel de confianza deseado

p = proporción de la población con la característica deseada

q = proporción de la población sin la característica deseada

e = nivel de error dispuesto a cometer

N = tamaño de la población

El segundo muestreo correspondió a las 7 estaciones de análisis de agua a lo largo del caño Banderas, realizado en 6 jornadas cada quince días.

7.5 Fases de investigación.

7.5.1 Fase 1: Caracterización de las actividades antrópicas dentro de la ronda hídrica que inciden en la calidad del agua del caño Banderas a partir de una zonificación ambiental.

Actividad 1: Identificación de las actividades antrópicas

Mediante dos jornadas de recorrido de campo, se identificaron las actividades antrópicas que influyen en la calidad del agua del caño Banderas dentro de la ronda hídrica de los 30 metros a cada lado del cuerpo de agua; para ello se describieron las actividades antrópicas observadas, y los usuarios generadores de vertimientos de aguas residuales que alimentan y descargan al cauce principal, los cuales inciden en la calidad fisicoquímica del agua, e igualmente se

georreferenciaron los puntos de vertimientos puntuales que se visualizaron durante el recorrido en el caño Banderas.

Actividad 2. Encuesta

Una vez identificadas las actividades antrópicas, se realizó una encuesta a los habitantes que residen dentro de la ronda hídrica del caño Banderas teniendo en cuenta la zona urbana y rural con el fin de obtener información acerca de las actividades, usos, problemáticas ambientales y de salud (Ver anexo B).

Actividad 3. Zonificación del caño Banderas según actividades antrópicas.

Haciendo uso de ArcGIS versión 10.2.2 se elaboraron dos mapas, el primero para identificar los vertimientos puntuales y el segundo la zonificación de las actividades antrópicas. (Ver figura 1 y 2)

7.5.2 Fase 2. Determinación de la calidad del agua superficial por medio de los parámetros fisicoquímicos del caño Banderas, a partir del índice de calidad del agua (ICA).

Actividad 4: identificación de estaciones de muestreo.

Se identificaron las estaciones de muestreo del caño Banderas, utilizando 4 criterios de selección: (i) puntos de fácil acceso, (ii) cobertura aguas arriba y aguas abajo, (iii) caracterizar las propiedades fisicoquímicas del afluente con baja alteración antrópica y (iv) establecer puntos con aportes considerables de vertimientos.

Actividad 5: Jornadas de muestreo.

Las jornadas de muestro se realizaron durante la temporada seca, con el fin de prevenir la dilución de los contaminantes debido al aumento de caudal. Se realizó la toma de muestras siguiendo el protocolo de muestreo de agua superficial del IDEAM. Adicionalmente, se tuvieron

en cuenta los lineamientos establecidos en la NTC-ISO 5667-06 que establece la guía de muestreo de aguas de ríos y corrientes. Así mismo, la NTC-ISO 5667-03 con las directrices de preservación y manejo de muestras.

La toma de datos in-situ se realizó por medio del equipo Multiparámetro Wtw 3630 (ver fotografía 1), el cual fue facilitado por el laboratorio de la Universidad Santo Tomás sede Villavicencio, se hace hincapié que el equipo fue entregado calibrado por el personal de laboratorio de Aguas para su respectivo uso, en donde se tomó una sola medición de los parámetros pH, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura.



Fotografía 1. Multiparámetro Wtw 3630. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

De igual manera en campo los electrodos de medición se mantuvieron protegidos y fueron lavados correctamente antes de cada uso con agua destilada; por otro lado, se utilizó el caudalímetro HAHC para tomar la velocidad del caudal, (ver fotografía 2), en donde se tomaron 10 velocidades con un intervalo de tiempo de 10 segundos, con el fin de generar un promedio de los valores anteriormente mencionados; posteriormente se midió la profundidad y el ancho del caño con un flexómetro para hallar el área y así poder aplicar la fórmula de caudal en la ecuación.

$$Q = A * V$$

Ecuación 4. Formula de caudal. Adaptado IDEAM, 2013

Donde:

Q = Caudal

A= área

V = velocidad



Fotografía 2. Caudalímetro para medir velocidad. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

Las muestras recolectadas fueron debidamente rotuladas con la información de número de muestreo, nombre del recolector, fecha, hora y lugar de la muestra (Ortíz, 2011b); de igual manera, fueron conservadas a temperatura máxima de 4°C y transportadas en neveras de poliestireno expandido (icopor) en su interior se ubicaron seis compresas de gel, además de hielo para mantener la temperatura; de igual manera se utilizó un termómetro para verificar la temperatura y seguir los lineamientos de la NTC-ISO 5767-3, se utilizó un frasco de vidrio ámbar de 500 ml en cada una de las estaciones; los cuales se purgaron con agua del afluente (3 veces), previo a la toma de muestra. (Ver fotografía 3).



Fotografía 3. Rotulación y conservación de muestras. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

Actividad 6: Metodología para el análisis de muestras ex – situ en laboratorio.

Las pruebas ex-situ fueron DBO₅ (Demanda Bioquímica de oxígeno), DQO (Demanda Química de Oxígeno) y sólidos suspendidos totales que fueron realizadas en el laboratorio de aguas de la Universidad Santo Tomas sede Villavicencio para el respectivo análisis.

DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno):

La Demanda Bioquímica de Oxígeno, se realizó por medio del método Winkler en donde para la preparación de la solución se utilizó un beaker de 100 ml, donde se agregó 1 ml de la muestra extraída del frasco de vidrio traído de campo, donde se diluyo con agua destilada hasta completar los 100 ml; posteriormente se tomó 1 ml de la solución con el pipeteador automático y se adiciono a la botella winkler. Seguidamente se le aplico 1 ml de cada una de las siguientes soluciones: tampón fosfato, MgSO₄, CaCl₂, y FeCl₃, en donde se completó con agua destilada la botella winkler; luego se pasó a la plancha de agitación a 250 revoluciones para así leer el oxígeno disuelto inicial; finalizado este proceso se selló la botella con papel vinipel para luego ser ingresada a la incubadora a una temperatura de 20 °C por cinco días para así determinar el oxígeno disuelto final pasado ese lapso de tiempo. Este mismo procedimiento se realizó para las 7 muestras tomadas en campo.

DQO (Demanda Química de Oxígeno):

La Demanda Química de Oxígeno se realizó por el método fotométrico, utilizando celdas para DQO; para la preparación de la solución se utilizó un beaker de 100 ml, donde se le agregó 1 ml de la muestra extraída del frasco de vidrio traído de campo, donde se diluyó con agua destilada hasta completar los 100 ml; seguidamente se agregó 3 ml de la solución preparada anteriormente con un pipeteador automático a la celda para luego ser agitado cinco veces y ser llevado al Termoreactor TR 320 a una temperatura de 148 °C durante 120 minutos; terminado ese tiempo se sacó el tubo y se dejó enfriar a temperatura ambiente durante 60 minutos; para luego ser introducido en el espectrofotómetro para su respectiva lectura. Este mismo procedimiento se realizó para las 7 muestras tomadas en campo.

Sólidos Suspendidos Totales

Los Sólidos Suspendidos Totales se realizaron por el método de secado, en primera medida tanto el papel filtro como la capsula de porcelana se dispuso en el horno a una temperatura de 120 °C durante un tiempo de diez minutos, para luego ser pesados en la balanza analítica; seguidamente se colocó el papel filtro dentro del embudo büchner, donde se agregó 250 ml de la muestra traída de campo, para así ser filtrada por medio de la bomba de vacío y el erlenmeyer con desprendimiento lateral, terminado este proceso se procedió a disponer el papel filtro en la capsula de porcelana para luego ser llevado al horno durante un tiempo de 60 minutos y así poder pesar los sólidos suspendidos adheridos al papel filtro. Este mismo procedimiento se realizó para las 7 muestras tomadas en campo.

Actividad 7: Cálculo del índice de calidad del agua para corrientes superficiales (ICA).

Se utilizaron las siguientes fórmulas según el parámetro formulado por la metodología del IDEAM (2013):

a. Oxígeno disuelto (OD):

$$PS_{oD} = \frac{ox \cdot 100}{C_p}$$

Ecuación 5. Formula oxígeno disuelto. (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2013)

Donde:

Ox: Es el oxígeno disuelto medido en campo (mg/l) asociado a la elevación, caudal y capacidad de reoxigenación.

c_p : Es la concentración de equilibrio de oxígeno (mg/l), a la presión no estándar, es decir, oxígeno de saturación.

b. Sólidos suspendidos totales (SST):

$$I_{SST} = 1 - (-0,02 + 0,003 \text{ sst})$$

Ecuación 6. Formula de sólidos suspendidos totales. Adaptado IDEAM, 2013.

Si $SST \leq 4.5$, entonces $I_{SST} = 1$

Si $SST \geq 320$, entonces $I_{SST} = 0$

c. Demanda química de oxígeno (DQO):

si $DQO \leq 20$, entonces $I_{DQO} = 0,91$

si $25 < DQO \leq 40$, entonces $I_{DQO} = 0,51$

si $40 < DQO \leq 80$, entonces $I_{DQO} = 0,26$

si $DQO > 80$, entonces $I_{DQO} = 0,125$

Ecuación 7. Formulas demanda química de oxígeno según el valor (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2013).

d. Conductividad eléctrica (C.E.):

$$I_{C.E.} = 1 - 10^{(-3,26+1,34 \log 10 C.E.)}$$

$$\text{Cuando } I_{C.E.} < 0, \text{ entonces } I_{C.E.} = 0$$

Ecuación 8. Formula conductividad eléctrica. (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2013)

e. pH:

$$\text{si } pH < 4, \text{ entonces, } I_{pH} = 0,1$$

$$\text{si } pH < 4, \text{ entonces, } I_{pH} = 0,02628419 \cdot e^{pH-0,520025}$$

$$\text{si } 4 \leq pH \leq 7, \text{ entonces, } I_{pH} = 0,02628419 \cdot e^{pH-0,520025}$$

$$\text{si } 7 < pH \leq 8, \text{ entonces, } I_{pH} = 1$$

$$\text{si } 8 < pH \leq 11, \text{ entonces, } I_{pH} = 1 \cdot e^{pH-5187742}$$

$$\text{si } pH > 11, \text{ entonces, } I_{pH} = 0,1$$

Ecuación 9. Formula pH según el valor. (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2013)

7.5.3 Fase 3. Definir programas de prevención, control y corrección para la mitigación de las afectaciones a la calidad del agua del caño Banderas.

Actividad 8: Selección de las temáticas

En esta actividad el grupo de trabajo realiza una revisión de los resultados de la fase 1 y 2 con el fin de identificar y seleccionar las temáticas de mayor relevancia para el diseño de los programas de prevención, control y corrección para la mitigación de las afectaciones a la calidad del agua del caño Banderas.

Actividad 9: Formulación de programas

Se diseñaron cuatro fichas técnicas con diferentes temas que buscan mitigar las afectaciones de la calidad del agua por las diferentes actividades antrópicas en el caño Banderas.

8. Resultados y Análisis de resultados

8.1 Caracterizar las actividades antrópicas dentro de la ronda hídrica que inciden en la calidad del agua del caño Banderas a partir de una zonificación ambiental.

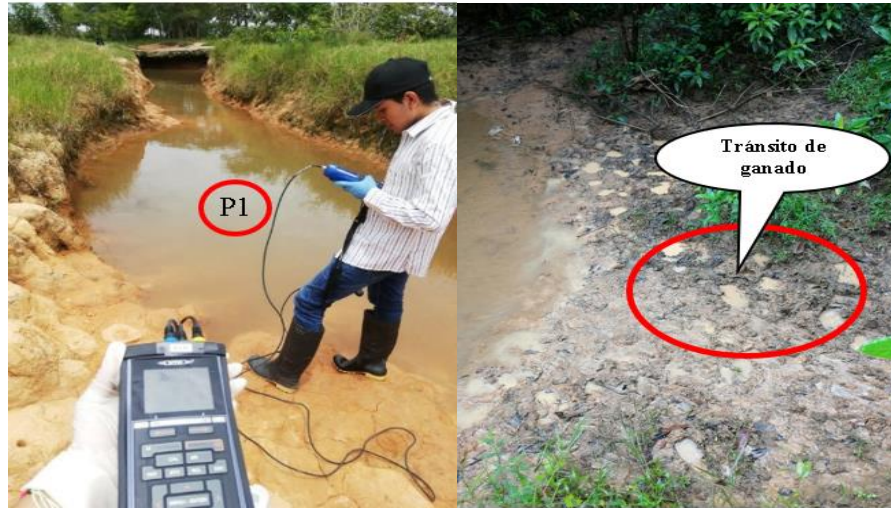
Con el fin de realizar la caracterización de las actividades antrópicas, el grupo de investigación realizó un recorrido en la zona donde se logró observar que dentro de la margen izquierda de la ronda hídrica del caño Banderas se encuentran cuatro puntos de asentamientos irregulares, los cuales pertenecen a la zona urbana del municipio de Puerto López – Meta; y en la margen derecha del caño se evidencian actividades pecuarias y ecosistemas naturales

Para conceptualizar con mayor claridad la información recolectada se agrupó la información por estaciones de muestreo. Se observa en la fotografía 4 el inicio del caño Banderas, donde esta área es alimentada por la laguna (pozo treinta).



Fotografía 4. Inicio del caño Banderas. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

En la fotografía 5 se muestra la ubicación de la estación uno, también se puede visualizar el tránsito de ganado en el margen del caño; así mismo, en esta área la comunidad ocasionalmente le da uso recreativo a la fuente hídrica. De igual manera, se tomaron los registros del caudal y parámetros fisicoquímicos in-situ.



Fotografía 5. Estación de muestreo 1. Nacimiento del caño Banderas. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

Al observar la fotografía 6, se presenta la estación dos y esta área presenta condiciones boscosas y al interior del agua hay hojarasca; para destacar durante el muestreo se identificaron residuos sólidos como bolsas de basuras, botellas plásticas, envolturas de paquetes, entre otros.



Fotografía 6. Estación 2. Bosque de rivera. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

La fotografía 7 describe la estación tres de izquierda a derecha, en donde el terreno es utilizado como bebedero natural del ganado, siendo utilizado en sus dos márgenes para el tránsito del mismo; además se evidencia presencia de fauna silvestre como terecay y babillas; de igual manera en el interior del agua hay presencia de desechos sólidos.



Fotografía 7. Estación 3. Bebedero natural. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

En la fotografía 8 se evidencia la cría de ganado y algunas áreas boscosas donde habitan especies como el oso hormiguero. En la estación cuatro, se observa la presencia de vegetación acuática y se estima que en ciertos puntos el agua es lentic.



Fotografía 8. Estación 4. Cuerpo de agua lentic. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

La fotografía 9 muestra la estación cinco donde hay presencia de cría ganado bovino y caballos; en la margen izquierda se encuentra ubicado un establecimiento de mantenimiento y reparación de vehículos automotores e igualmente un parqueadero para vehículos de carga pesada.



Fotografía 9. Estación 5. Vegetación acuática. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

En la fotografía 10 se observa la estación seis de muestreo y de igual manera la presencia de actividad ganadera en la margen derecha del cauce; también se puede evidenciar los vertimientos puntuales realizados por los asentamientos irregulares, situación que genera proliferación de olores ofensivos.



Fotografía 10. Estación 6. Asentamientos. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

En la fotografía 11, los habitantes de estos asentamientos ubican residuos sólidos cerca de la margen del caño Banderas, obstaculizando el flujo de agua, y alterando las condiciones del suelo. Así mismo, se observa que el sistema de alcantarillado del municipio no funciona en este sector, debido a que las condiciones geográficas imposibilitan el recorrido de las aguas residual, ocasionando rebosamiento de este.



Fotografía 11. Contaminación por agua residual y presencia de residuos sólidos. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

En la fotografía 12, las condiciones de infraestructura de los asentamientos irregulares tienen características diferentes, algunas construidas en material de tejas de zinc, otras en concreto y madera; se destaca que estas viviendas no están conectadas al sistema de alcantarillado Municipal, ya que el Municipio de Puerto López Meta no puede invertir dineros públicos para la instalación

del alcantarillado en asentamientos irregulares, por ende vierten sus aguas residuales a la fuente hídrica más cercana, en este caso al caño Banderas.



Fotografía 12. Condiciones de infraestructura de los asentamientos irregulares. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

En la fotografía 13 se muestra el drenaje de las aguas servidas de los barrios Policarpa, Santander, Guadalupe Salcedo, Centro y Abel Rey, siendo un emisor más de contaminación de aguas residuales domesticas al caño Banderas por parte de la empresa de servicios públicos del municipio de Puerto López (Ortiz, 2011a).



Fotografía 13. Drenaje de aguas servidas Barrio Policarpa. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

En la fotografía 14 se observa la estación siete y es el área del ultimo muestreo, donde se visualiza en la fotografía la ubicación de uno de los focos de invasión de la ronda hídrica, al estar tan cerca al cauce utilizan tubos improvisados para eliminar las aguas residuales.



Fotografía 14. Estación 7. Terminación del caño Banderas. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

En la fotografía 15, a 30,9 metros abajo de la última estación de muestreo se encuentra la desembocadura del caño Banderas al brazo del río Metica, allí se observa que la comunidad realiza actividades de pesca (ver fotografía 15).



Fotografía 15. Desembocadura del caño Banderas. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos mediante la aplicación de la encuesta con la población del área.

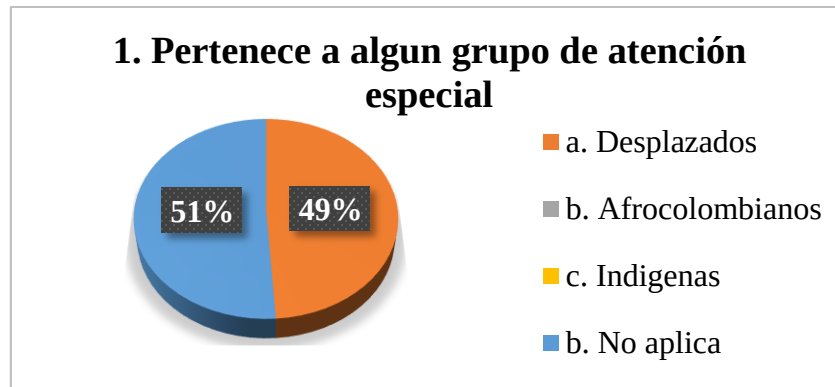
Caracterización demográfica

Gráfico 1. Pregunta 1 de la encuesta. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

A partir de la encuesta aplicada a 47 viviendas de la zona urbana y rural de la ronda hídrica del caño Banderas, se obtuvo información acerca de las actividades, usos y problemáticas ambientales o de salud que más han evidenciado en el sector; en el grafico 1 se indagó si alguno de los participantes pertenece a algún grupo especial, logrando comprender que el 49% de ellos señala ser desplazados frente a un 51% que dice no pertenecer a ningún de estos. Esto demuestra que casi la mitad de los habitantes que residen en esta zona han llegado a asentarse a causa del desplazamiento.



Gráfico 2. Pregunta 2 de la encuesta. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

Por otro lado, en el grafico 2, la conformación del número de personas del núcleo familiar, señalan convivir entre 3 y 6 personas con un 72 %, destacando que otros habitantes con menor participación conviven con más de 7 miembros en su hogar; evidenciándose que un 9% conviven y comparten varios recursos en una sola casa.

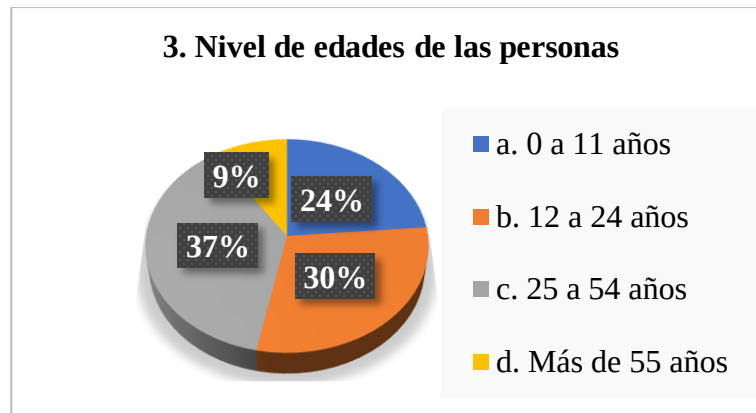


Gráfico 3. Pregunta 3 de la encuesta. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

Otro elemento que se logró identificar en el gráfico 3 fue el rango de edad de las personas que habitan dentro de la ronda hídrica, donde el 24% tiene entre 0 meses y 11 años lo que corresponde a 45 niños; continuando con el 30% que se ubica en un rango de edad de 12 a 24 años, representado en 56 individuos; por otro lado, el 37% tiene entre 25 y 54 años, para un total de 71 adultos; por último el 9% señalo tener más de 55 años que corresponde a 18 adultos mayores. De lo anterior se destaca que ante un desastre natural la población de adultos mayores y menores de edad, son más vulnerables a estas condiciones biológicas.

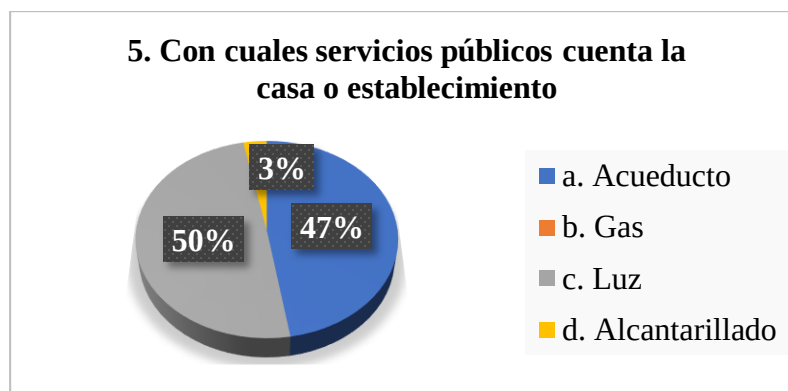


Gráfico 4. Pregunta 5 de la encuesta. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

También se logró identificar en el gráfico 4 que todas las viviendas cuentan con la mayoría de servicios públicos, pero con conexiones no formalizadas; de las 47 casas encuestadas todas cuentan con el servicio de energía reflejado en un 50%, el servicio de acueducto lo obtienen 45 viviendas con un 47%, y el servicio de alcantarillado solo lo tienen 3 viviendas, en donde se resalta

que ellos mismos realizaron la conexión, pudiéndose generar altibajos en la energía y pérdida de presión del agua a la comunidad que paga por estos servicios (watercalculator, 2020).

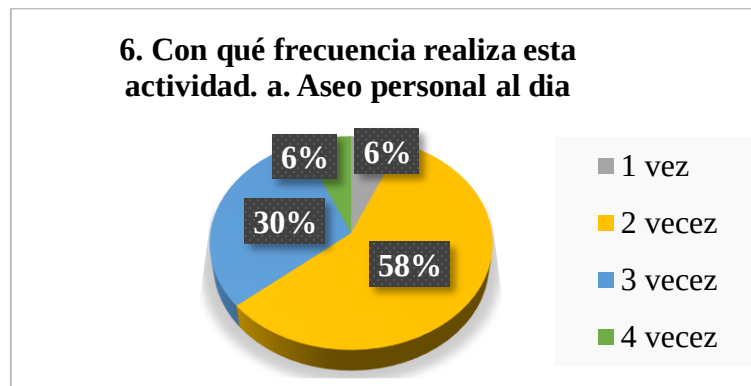


Gráfico 5. Pregunta 6 parte A de la encuesta. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

Otro aspecto del gráfico 5 tiene que ver con la frecuencia de las actividades diarias que realiza la población que vive al margen del caño Banderas donde el 58% realizan actividades de aseo personal (baño) en un tiempo aproximadamente de 5 min dos veces al día, consumiendo 3240 l/d de agua, seguido de un 30% que lo hace tres veces al día en donde la cantidad de agua que consumen son 2520 l/d de agua, también se observa que un 6% lo hace cuatro veces al día gastando 720 l/d de agua y el otro 6% una vez al día utilizando 180 l/d de agua; en donde aproximadamente un baño de 5 minutos equivale a 60 l de agua es decir que en el día este número de población aproximadamente vierte 6660 l/d de aguas grises al caño Banderas. Esto dependiendo de la temperatura del día y de las actividades propias de cada persona que lo compromete a bañarse ciertas veces al día (watercalculator, 2020).

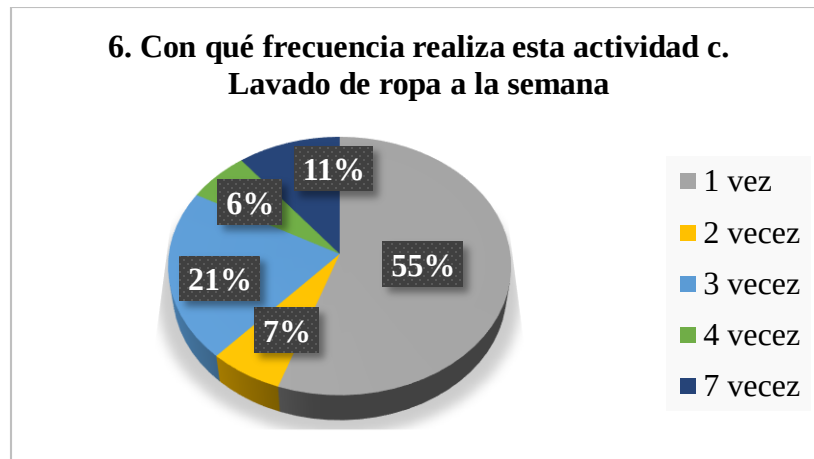


Gráfico 6. Pregunta 6 parte C de la encuesta. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

Así mismo las 47 personas encuestadas expresan en el gráfico 6 que la frecuencia con que realizan el lavado de ropa a mano en casa en la semana, un 55% lava un día entre semana utilizando 98,4 L de agua aproximadamente, seguido de un 21% que lo hace tres veces utilizando 113,6 L de agua, un 11 % realizando esta actividad durante los siete días de la semana con una cantidad de 1032,5 L de agua, un 7 % dos veces a la semana con un gasto de 22,7 L de agua y un 6 % cuatro veces con un consumo de 45,4 L de agua. Evidenciándose un caudal de vertimiento asociado a esta actividad domestica al caño Banderas; dejando claro que 3,78541 L de agua equivalen a 4 galones de agua (watercalculator, 2020).

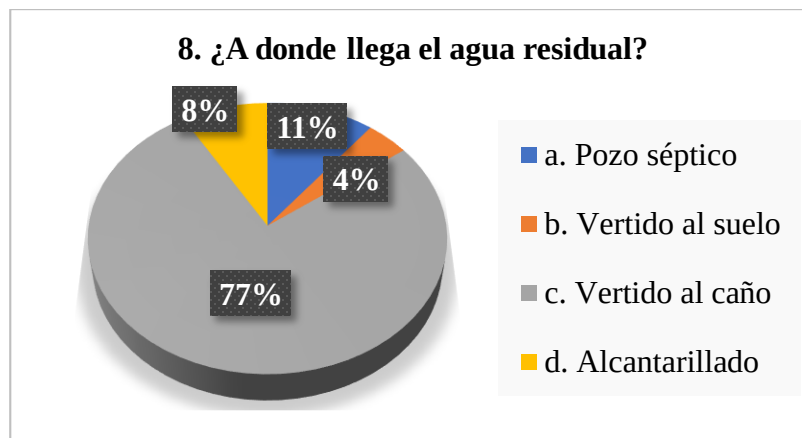


Gráfico 7. Pregunta 8 de la encuesta. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

También se logró indagar en el gráfico 7 que el 77% del agua residual es vertida al caño de manera puntual, seguido de un 8% que llega al alcantarillado, un 11% al pozo séptico y un 4% que cae al suelo; recibiendo el caño Banderas agua residual, afectando cada día este recurso hídrico

por agentes contaminantes, ya que independientemente del método que está utilizando la comunidad para la disposición final de las aguas residuales, siempre son conducidas al caño, a razón de que uno de los drenajes del sistema de alcantarillo municipal vierte al caño; así mismo los pozos sépticos pueden presentar un proceso de filtración.

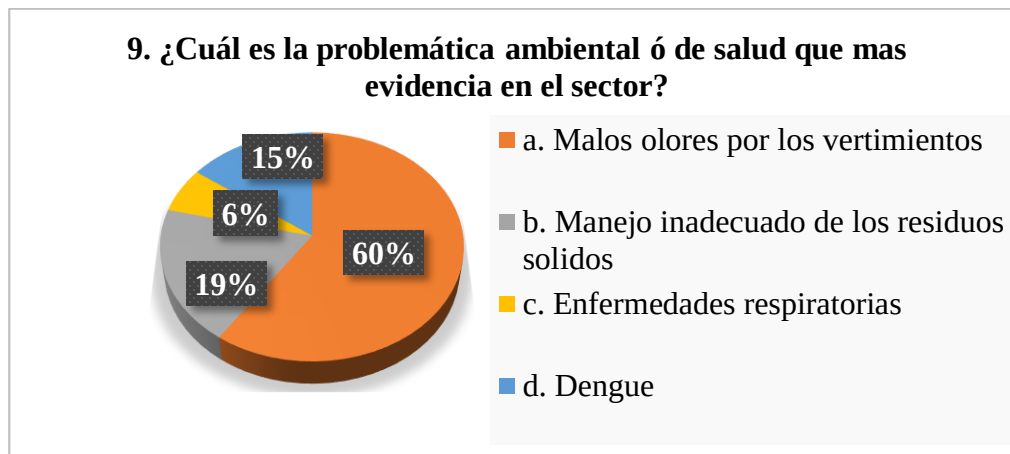


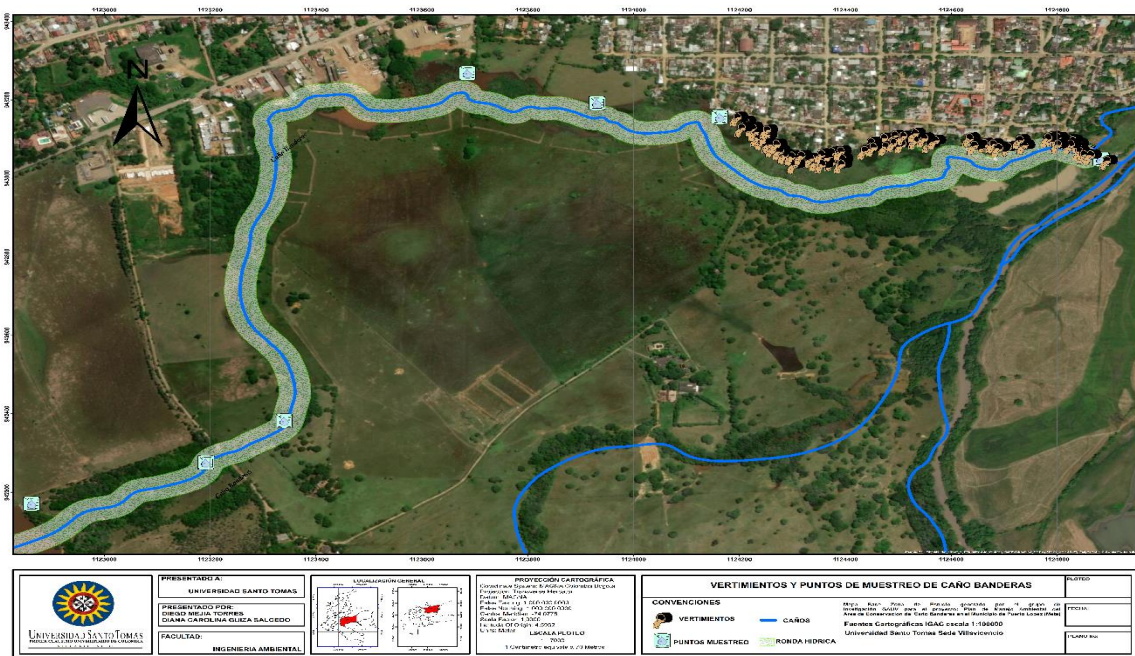
Gráfico 8. Pregunta 8 de la encuesta. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

Analizando el gráfico 8 la problemática ambiental y/o de salud en el sector según los habitantes respondieron que un 60% asume que es el vertimiento de aguas negras sobre el afluente; seguido de un 19% que considera que es el manejo inadecuado de los residuos sólidos por parte de la comunidad; un 15% señalan que la problemática de salud está asociada al dengue y finalmente un 6% inciden en la prevalencia de enfermedades respiratorias, debido a la contaminación por los vertimientos de aguas residuales y residuos sólidos, generando olores ofensivos e insectos transmisores de enfermedades (Ortíz, 2011a).

Zonificación de las actividades antrópicas.

Como primera medida se identificaron las estaciones de muestreo del caño Banderas, considerando cuatro criterios de selección, con el objetivo de involucrar toda la rivera, la estación uno, dos y tres se seleccionaron debido a que se encuentran aguas arriba del caño, de igual manera porque fueron puntos de fácil acceso para la toma de muestras y así mismo por presentar baja alteración antrópica para la caracterización de las propiedades fisicoquímicas; la estación cuatro y cinco fueron seleccionadas por la presencia de actividades pecuarias y comerciales en este punto

A partir de las coordenadas geográficas (ver anexo E) en el cual se muestran los 61 vertimientos puntuales conformados a partir de los asentamientos irregulares, los cuales se representaron en el mapa (Ver figura 2) en donde se evidencia que aguas abajo el caño Banderas se encuentran cuatro sitios de invasiones constituidos por varias viviendas, muy cerca a la desembocadura del brazo del río Metica. La cobertura vegetal y uso del suelo se destina en su mayoría a pastizales; en la ronda hídrica del caño Banderas se evidencia una cobertura vegetal de bosque de galería intervenido, no inundable y semi inundable.



En la figura 2 se observa las actividades antrópicas que se desarrollan dentro de la ronda hídrica de cada una de las márgenes del caño Banderas como es el uso recreativo, cría de ganado bovino, parqueadero y mantenimiento de automotores, cría de caballos y asentamientos irregulares, de igual manera se muestran las estaciones de muestreo.

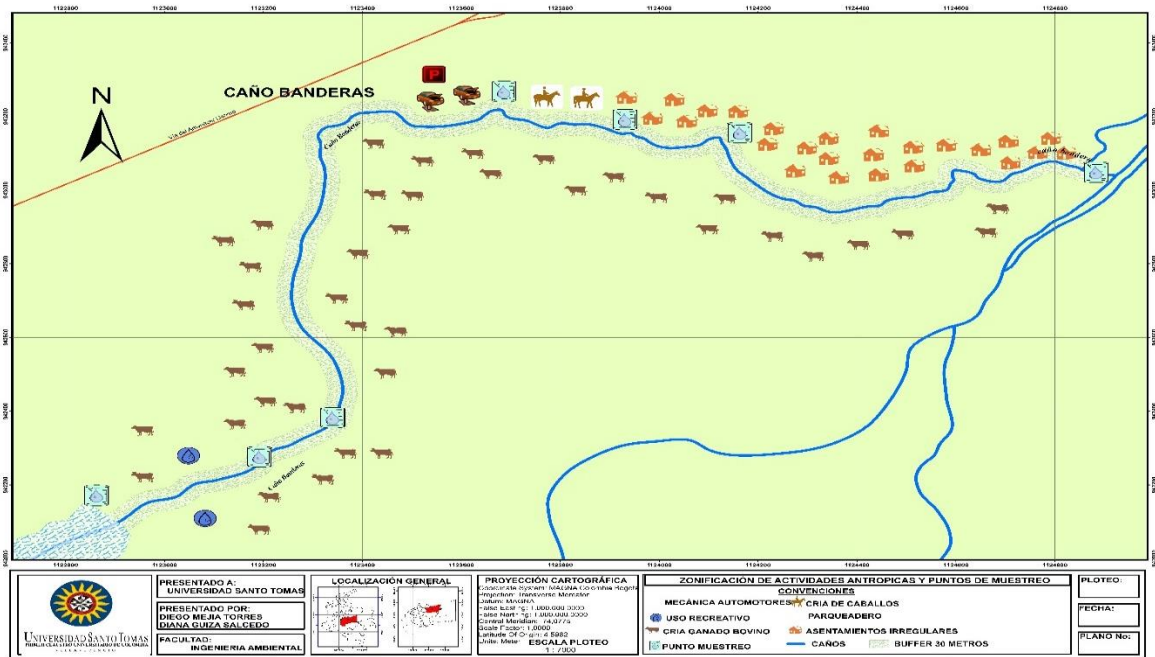


Figura 3. Zonificación de actividades antrópicas del caño Banderas. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

8.2 Determinar la calidad del agua superficial por medio de los parámetros fisicoquímicos del caño Banderas, a partir del índice de calidad del agua (ICA).

A continuación, se presentan los análisis fisicoquímicos realizados en la microcuenca del Caño Banderas.

Caudal

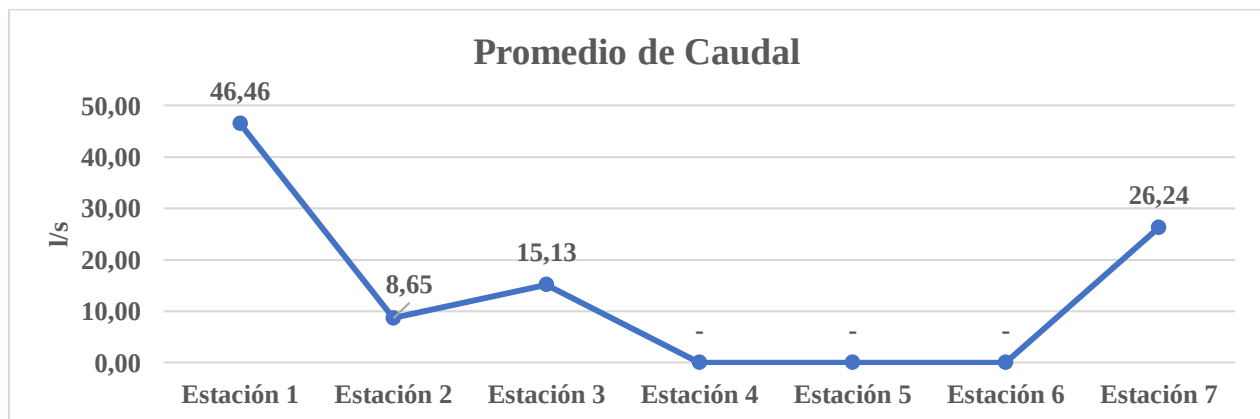


Gráfico 9. Promedio caudal. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

Según la gráfico 9 se presenta el comportamiento de los caudales del área del estudio, donde se puede observar que en la estación uno se ubicó el mayor promedio de caudal con 46,46 l/s debido a que sea alimenta de la laguna pozo treinta y es allí, donde inicia el caño su curso de agua; de igual manera en la estación siete presenta un caudal promedio de 26,24 l/s siendo el segundo de mayor valor, debido a que aguas arriba es un recolector de vertimientos domésticos. . En las estaciones cuatro, cinco y seis no se realizó un muestreo de datos de velocidad de caudal, debido a que el equipo de trabajo (Caudalímetro) arrojo una velocidad de cero durante las seis jornadas de toma de datos, de igual manera la presencia de vegetación acuática no permitió medir el ancho del caño y por ende no se pudo aplicar la fórmula de caudal.

Análisis Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

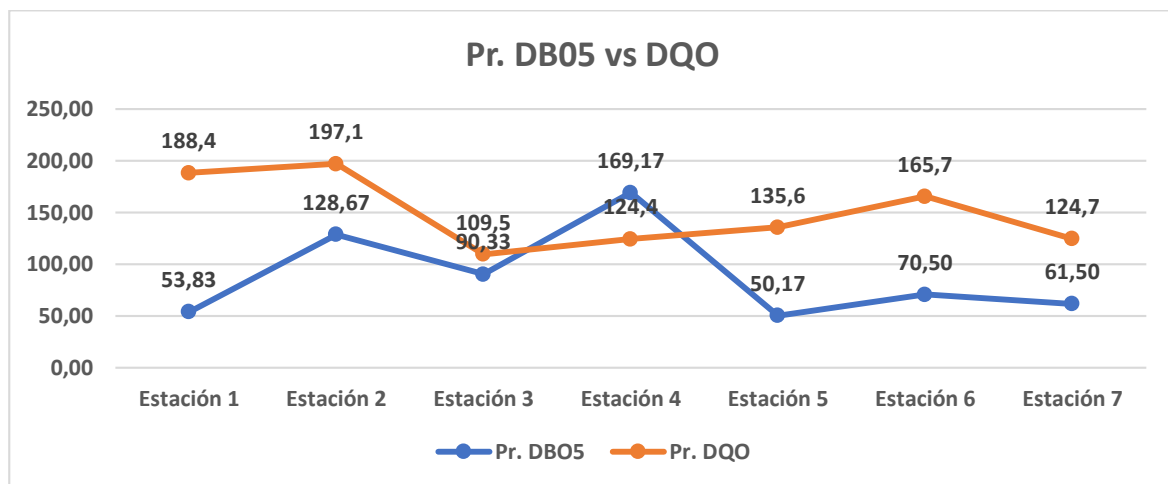


Gráfico 10. Promedio de demanda bioquímica y demanda química. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

En el gráfico 10 permite observar la relación del valor promedio de la DBO₅ y DQO, en donde se comprueba que la DQO es mayor que la DBO₅ en las estaciones uno, dos, tres, cinco, seis y siete debido a que el oxidante químico es capaz de reaccionar con sustancias de difícil biodegradación para los microorganismos; en excepción de la estación cuatro en donde la DBO₅ es mayor con un valor de 169,17 mg/L y una DQO de 124,4 mg/L. con los resultados obtenidos en los que la DBO₅ solo puede ser igual a la DQO o menor, sin embargo, es importante aclarar que en el muestreo de la jornada dos uno de estos datos arrojo en la estación cuatro un valor en la

DBO₅ alto frente a los demás resultados obtenidos , lo que incide directamente en la puntuación obtenida reflejando un error de coherencia metodológica (Aguirre, 2014).

Así mismo los datos de la DQO indican una contaminación del caño Banderas, al encontrarse en un rango de 40 mg/L y 200 mg/L, siendo el valor promedio mínimo en 109,5 mg/L y el máximo promedio en 197,1 mg/L durante el periodo de estudio (Ecopetrol S.A., 2018).

Al observar los valores promedios de cada estación de la DQO, se aprecia una disminución de la materia orgánica en donde es importante mencionar que en las dos márgenes del caño se realizan actividades de ganadería aguas arriba, lo que puede generar residuos orgánicos y aumento en la contaminación del afluente. De igual manera se puede deducir que a mayor concentración de materia orgánica se pueden dar procesos de eutrofización (Zouiten, 2012), donde se destaca que, al no realizarse un control y seguimiento de la presencia de plantas, el área puede presentar alteraciones a la fuente hídrica tales como: estancamiento del agua y por ello la reducción del oxígeno para los microorganismos del área de influencia.

Al analizar los límites máximos permisibles para la DQO según la Resolución 0631 de 2015 para vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas y teniendo en cuenta que en las estaciones cinco, seis y siete se realizan vertimientos puntuales al caño Banderas, cumplen con el límite máximo permisible de 200 mg/L de DQO. (Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015). por otro lado teniendo en cuenta los criterios de calidad del agua por Cormacarena para el parámetro DQO, los valores no cumplen el límite máximo para los diferentes usos establecidos (CORMACARENA, 2010)

Para el caso de la DBO₅ como refuerzo teórico (Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, 2019) describe que a mayor Demanda Bioquímica de Oxígeno, mayor es la carga orgánica presente en el afluente; por tanto al analizar el comportamiento del muestreo realizado al caño Banderas se puede destacar el resultado promedio de la estación cuatro con 169,17 mg/L como se puede observar en el gráfico debido a la presencia de actividades como ganadería, un parqueadero con mantenimiento y reparación de automotores; de igual manera, en

la estación dos dio un valor de 128,67 mg/L a causa de la presencia de ganado en las dos márgenes del caño.

Según (Ecopetrol S.A., 2018) las estaciones uno, tres, cinco, seis y siete se encontraron durante el estudio con una concentración entre 50,17 mg/L y 90,33 mg/L de DBO₅, lo que quiere decir que el agua del caño Banderas en estas estaciones es contaminada; cabe resaltar que las estaciones dos y cuatro tienen valores mayores a los 120 mg/L de DBO₅, lo que representa que el agua está fuertemente contaminada, indicando que el afluente tiene una mala capacidad de asimilación del mismo.

Análisis de la relación entre los parámetros pH y temperatura

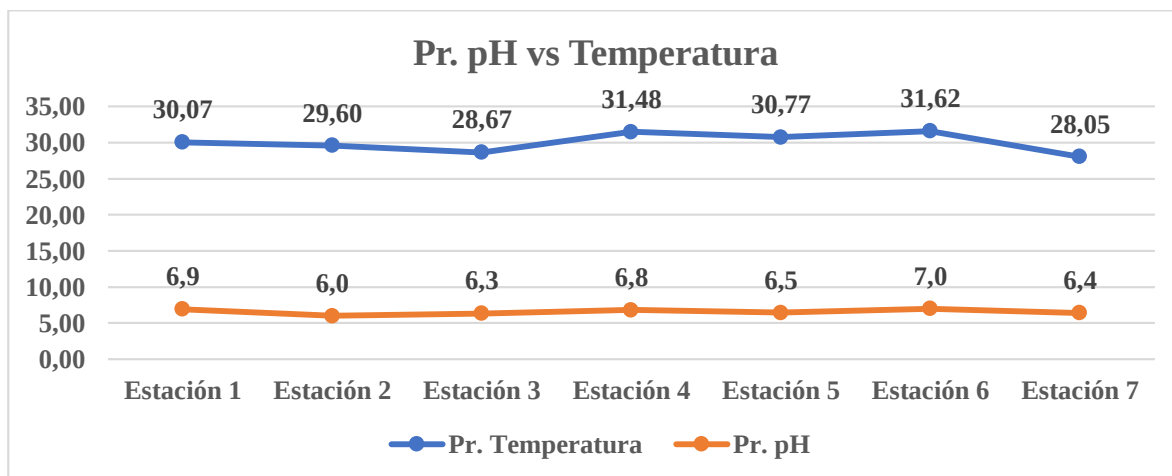


Gráfico 11. Promedio pH vs temperatura. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

En el gráfico 11 se evidencia la relación de la temperatura con el pH, en donde al aumentar la temperatura, el pH disminuye a causa de que las moléculas tienden a separarse en sus elementos: hidrógeno y oxígeno, de igual forma una disminución de temperatura implica un aumento en el pH, ya que se aumenta la proporción de moléculas descompuestas y se produce más hidrógeno. se puede demostrar que la estación tres es la única que cumple con lo referido anteriormente, debido a que la temperatura disminuye en 28,67 °C y el pH aumenta en 6,3 (Pérez, 2010).

La presentación del gráfico 11, ubica dos picos altos de temperatura de 31,62 °C y 31,48 °C en la estación 6 y 4 respectivamente; su origen puede ser la escasa presencia de vegetación arbórea

en la ribera de estas áreas, sin embargo, no es factor determinante para los resultados obtenidos en el estudio. Asimismo, se observa los registros por jornada para el pH en donde en la estación dos presenta un nivel neutro; las otras estaciones reflejan niveles de acidez que pueden ser causadas por la actividad propia de los organismos, deposición atmosférica (lluvia ácida), características geológicas de la microcuenca y descargas de aguas de desecho (Goyenola, 2007).

Análisis de la relación parámetros conductividad vs temperatura

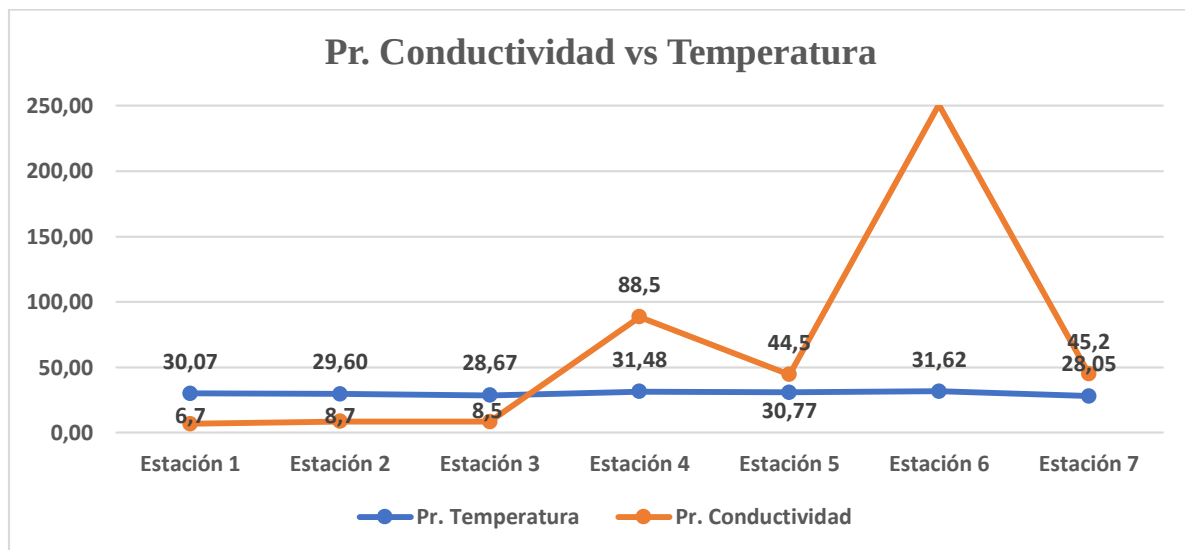


Gráfico 12. Promedio Conductividad vs Temperatura. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

En el gráfico 12 se muestra la relación entre temperatura y conductividad, en donde a más alta la temperatura, mayor conductividad eléctrica, es de resaltar la presencia de la carga iónica tras los vertimientos de las actividades del parqueadero de automotores como se puede evidenciar en la estación cuatro, en donde la temperatura del agua se encontró a 31,48 °C y la conductividad en 88,5 µS/cm, aumentando los dos valores de manera proporcional; de la misma manera la estación seis con 250,6 µS/cm está directamente relacionado con el aumento de temperatura a 31,6°C del afluente, siendo un buen conductor de electricidad, debido a la presencia de sales producto del uso de detergentes que llegan mediante las actividades domésticas de los asentamientos irregulares (Morales & Rojas, 2018)

Para comparar los resultados con la clasificación de las aguas en términos de conductividad según (Rodier, 1998) citado por (Ecopetrol S.A., 2018) se puede observar que en las estaciones uno, dos, tres, cuatro, cinco y siete el grado de mineralización es muy débil debido a que presentan puntuaciones inferiores a $<100 \mu\text{S}/\text{cm}$; por otro lado, la estación seis con una puntuación de $250,6 \mu\text{S}/\text{cm}$ se ubica en un grado de mineralización media acentuada.

Análisis relación de los parámetros Oxígeno Disuelto y Temperatura

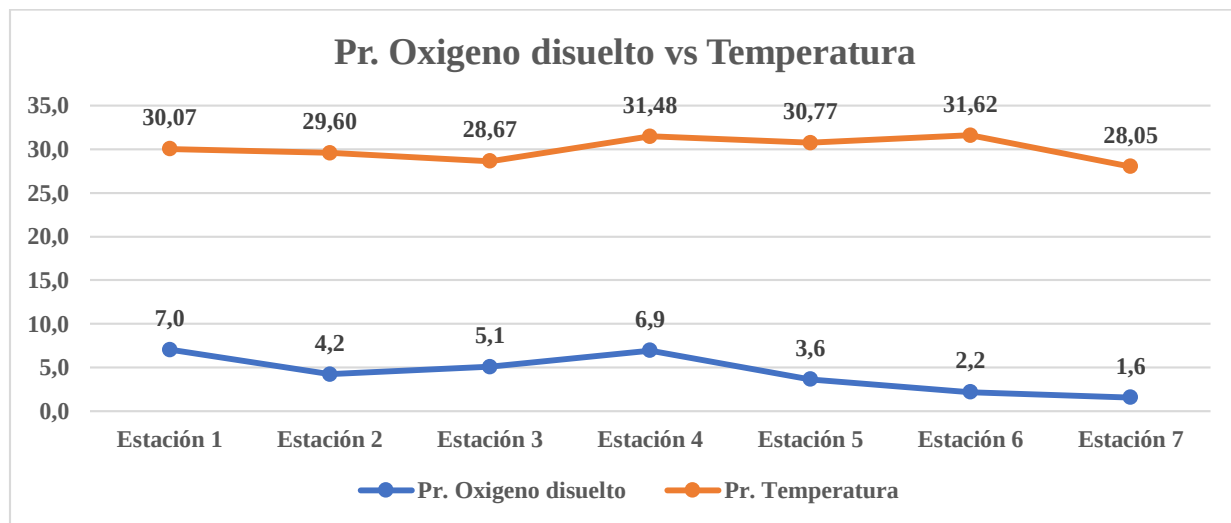


Gráfico 13. Promedio oxígeno disuelto (mg/L) y temperatura. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

En el gráfico 13 se observa la relación de oxígeno disuelto y temperatura; de ahí, que (Gualdrón, 2018) menciona que la temperatura “es de suma importancia debido a que, en condiciones de alta temperatura, disminuye el oxígeno disuelto; aumentando la actividad bacteriana y la sensibilidad de la biota acuática a ciertos componentes tóxicos” (Gualdrón, 2018) observándose estas condiciones en la estación seis con una temperatura de $31,62^{\circ}\text{C}$ y un oxígeno disuelto de $2,2 \text{ mg/L}$.

Por otro lado se observan las puntuaciones de oxígeno disuelto (OD) en donde se presentan condiciones aerobias, es decir, presencia de oxígeno; favoreciendo la diversidad de especies como los peces que pueden subsistir en concentraciones de OD de 4 mg/L según lo establece el artículo 2.2.3.3.9.10 del Decreto 1075 de 2015, que trata de los criterios de calidad para la preservación de

flora y fauna para el caso específico en aguas cálida dulce (Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015). Por consiguiente, se puede entrar a analizar que en los monitoreos de las estaciones cinco, seis y siete está por debajo del límite establecido; y el de mayor impacto se encuentra en la estación siete ya que presentó un OD de 1,6 mg/L (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2015).

Cabe destacar que la estación uno presenta mayor índice de OD con 7 mg/L debido a que la laguna pozo treinta alimenta el caño Banderas, propiciando aireación y asimismo mayor cantidad de oxígeno; esta área es utilizada para la ganadería y de igual manera para actividad recreativa.

En el caso de la estación siete presentan menor rango de OD debido a que es la última estación donde pasa toda el agua del caño Banderas. De igual manera porque en esta estación también se encuentran asentamientos que están conectados por tubos, realizando vertimientos puntuales a la fuente hídrica convirtiéndose en un punto receptor de agua residual, que puede recibir altas cantidades de materia orgánica y nutrientes los cuales propician la disminución de oxígeno.

Según los criterios de calidad del agua establecidos por Cormacarena en cuanto al oxígeno disuelto, las estaciones uno, dos, tres y cuatro pueden tener un uso para consumo humano, doméstico, piscícola, agrícola, pecuario, industrial, estético, drenaje de aguas lluvias y recreativo con contacto secundario, debido a que presentan valores superiores a los 4 mg/L.

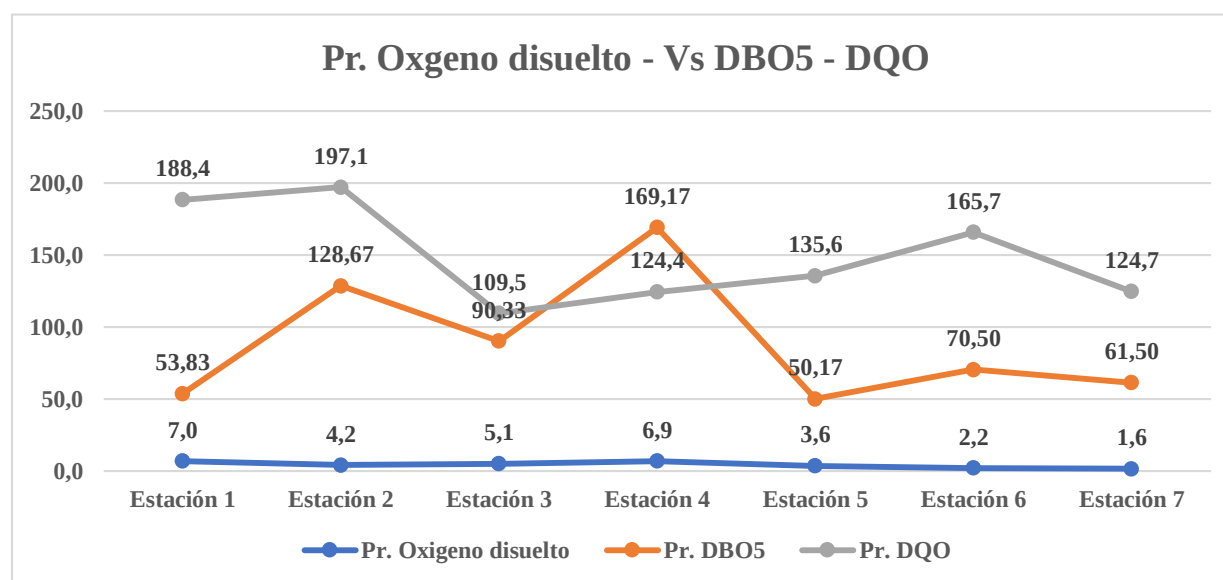


Gráfico 14. Pr. Oxígeno disuelto – vs DBO₅ – DQO. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

En el gráfico 14 se evidencia la relación del oxígeno disuelto con la DQO y DBO₅, observándose valores bajos de oxígeno disuelto, así como altos valores de DBO₅ y DQO, lo cual indica que este cuerpo de agua posiblemente se encuentra intervenido o que debido a las características como el tamaño y aguas estancadas, creando un impacto debido al consumo de oxígeno que está asociado a la degradación de la DBO₅ y DQO, evidenciando la caída de oxígeno y de la DBO₅ y la DQO; este comportamiento denota un cambio en la dinámica del ecosistema del caño Banderas (Brito, 2003).

Sólidos Suspendidos Totales

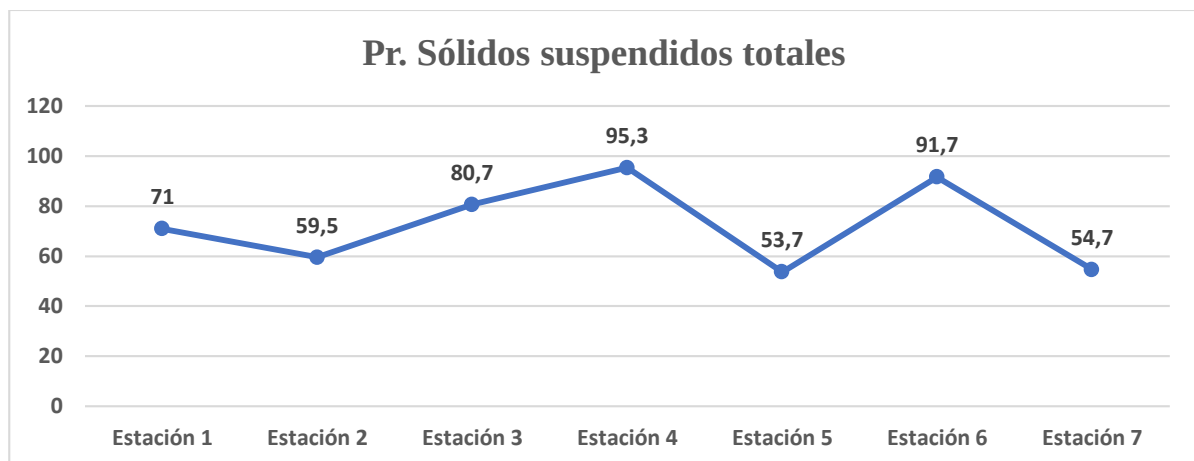


Gráfico 15. Promedio Sólidos suspendidos totales (mg). Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

El gráfico 15 refleja los resultados de los sólidos suspendidos totales de caño Banderas los cuales se sustentan en el antecedente presentado por Pérez (2016) en el que se describe como los (SST) en general, pueden tener su origen por contaminación con aguas residuales o por procesos de erosión hídrica en este caso se considera este último la causa de SST. De esta manera, al triangular con los resultados obtenidos en esta investigación se asocia la problemática del aumento de este parámetro al agua turbia, así como al bajo ingreso de luz solar a la fuente hídrica (Pérez, Arriola, García, Saldaña, & Mendoza, 2016) quienes expresan que “reducen la actividad fotosintética de organismos acuáticos, de gran importancia para la producción de oxígeno disuelto” (p. 160).

Cabe destacar que según la Resolución 0631 de 2015, los valores obtenidos en las siete estaciones cumplen con el límite máximo permisible al encontrarse por debajo de los 100 mg/L de SST. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015)

Análisis de correlación

Tabla 5. *Correlación de Pearson frente a los parámetros de análisis*

		Correlaciones						
		Oxígeno disuelto	Sólidos suspendidos	DQO	Conductividad	pH	Temperatura	DBO ₅
Oxígeno disuelto	Correlación de Pearson	1	,126	-,285	,021	,395*	-,350*	,019
	Sig. (bilateral)		,470	,097	,903	,019	,039	,916
	N	35	35	35	35	35	35	35
Sólidos suspendidos	Correlación de Pearson	,126	1	0,531**	,474**	,255	,119	0,565**
	Sig. (bilateral)	,470		,001	,004	,139	,496	,000
	N	35	35	35	35	35	35	35
DQO	Correlación de Pearson	-,285	0,531**	1	,189	,115	0,569**	0,580**
	Sig. (bilateral)	,097	,001		,278	,509	,000	,000
	N	35	35	35	35	35	35	35
Conductividad	Correlación de Pearson	,021	,474**	,189	1	,082	,164	,223
	Sig. (bilateral)	,903	,004	,278		,638	,345	,198
	N	35	35	35	35	35	35	35
pH	Correlación de Pearson	,395*	,255	,115	,082	1	,259	,153
	Sig. (bilateral)	,019	,139	,509	,638		,133	,381
	N	35	35	35	35	35	35	35
Temperatura	Correlación de Pearson	-,350*	,119	0,569**	,164	,259	1	,300
	Sig. (bilateral)	,039	,496	,000	,345	,133		,080
	N	35	35	35	35	35	35	35
DBO ₅	Correlación de Pearson	,019	0,565**	0,580**	,223	,153	,300	1
	Sig. (bilateral)	,916	,000	,000	,198	,381	,080	
	N	35	35	35	35	35	35	35

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Nota: en la tabla se observa la correlación entre los parámetros oxígeno disuelto, sólidos suspendidos, la DQO, conductividad, pH, Temperatura y la DBO₅. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

En la tabla 5 se observa que el parámetro Sólidos Suspendidos Totales se encontró una correlación positiva frente a la Demanda Bioquímica de Oxígeno con un valor de 0,565, evidenciando una relación directamente proporcional. De igual manera obtuvo una correlación positiva con el parámetro Demanda Química de Oxígeno con un valor de 0,531. Por otro lado, la

Demanda Química de Oxígeno obtuvo una correlación positiva con los Sólidos Suspendidos Totales con un valor de 0,565, también con la Demanda Bioquímica de Oxígeno con un valor de 0,580 y una correlación positiva: de igual manera con la Temperatura una correlación positiva y un valor de 0,569, esto posiblemente debido a que las reacciones propias de la degradación generan un aumento de la temperatura en el agua, a su vez, la profundidad influye directamente en el calentamiento de la superficie libre del caño Bandera, por efectos de la radiación solar, variable que incide en el desarrollo de procesos de biodegradación.

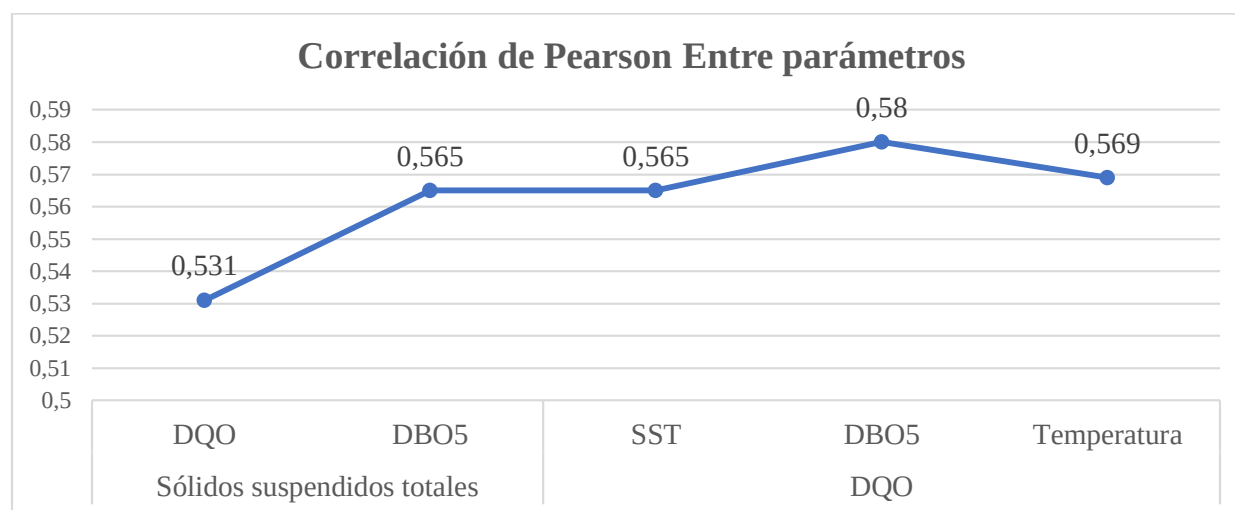


Gráfico 16. Correlación de Pearson. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

Índice de Calidad del Agua (ICA)

Tabla 6. Cálculo del índice de calidad del agua caño Banderas mediante el método ICA – IDEAM

Estación	Temperatura	Oxígeno en Saturación	OD	Saturación Oxígeno	I _{OD}	W _{OD}	Demanda química de oxígeno	I _{DQO}	W _{DQO}
	°C	mg/L	mg/L	(%)			mg O ₂ /L		
Estación 1	30,10	7,5	7,02	94	0,94	0,20	753,50	0,125	0,20
Estación 2	29,60	7,8	4,20	54	0,54	0,20	788,30	0,125	0,20
Estación 3	28,70	7,8	5,10	65	0,65	0,20	438,00	0,125	0,20
Estación 4	31,50	7,5	6,90	92	0,92	0,20	497,70	0,125	0,20
Estación 5	30,80	7,5	3,60	48	0,48	0,20	542,50	0,125	0,20
Estación 6	31,60	7,5	2,20	29	0,29	0,20	662,90	0,125	0,20
Estación 7	28,10	7,8	1,60	21	0,21	0,20	498,70	0,125	0,20

Nota: La tabla muestra los parámetros de Temperatura, Oxígeno Disuelto, Demanda Química de Oxígeno, Conductividad, Sólidos Suspendidos Totales y pH, utilizados para determinar la calidad del agua en la microcuenca del caño Banderas. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

Continuación Tabla 6. Cálculo del índice de calidad del agua caño Banderas mediante el método ICA – IDEAM

Estación	Conductividad eléctrica	I. COND	W _{cond}	Sólidos Suspendidos Totales	I _{SST}	W _{SST}	pH	I _{pH}	W _{pH}
Estación	µs/cm			SST mg/L			Unidades		
Estación 1	6,70	0,99	0,20	71,00	0,81	0,20	6,90	0,95	0,20
Estación 2	8,70	0,99	0,20	59,50	0,84	0,20	6,00	0,60	0,20
Estación 3	8,50	0,99	0,20	80,70	0,78	0,20	6,30	0,70	0,20
Estación 4	88,50	0,78	0,20	95,30	0,73	0,20	6,80	0,90	0,20
Estación 5	44,50	0,91	0,20	53,70	0,86	0,20	6,50	0,77	0,20
Estación 6	250,60	0,10	0,20	91,70	0,74	0,20	7,00	1,00	0,20
Estación 7	45,20	0,91	0,20	54,70	0,86	0,20	6,40	0,73	0,20

Nota: La tabla muestra los parámetros de Temperatura, Oxígeno Disuelto, Demanda Química de Oxígeno, Conductividad, Sólidos Suspendidos Totales y pH, utilizados para determinar la calidad del agua en la microcuenca del caño Banderas. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

Continuación Tabla 6. Cálculo del índice de calidad del agua caño Banderas mediante el método ICA – IDEAM

Estación	Promedio del ICA	Descriptor ICA
		Clasificación de la calidad del agua
Estación 1	0,60	REGULAR
Estación 2	0,52	REGULAR
Estación 3	0,53	REGULAR
Estación 4	0,54	REGULAR
Estación 5	0,50	MALA
Estación 6	0,29	MALA
Estación 7	0,44	MALA

Nota: La tabla muestra los parámetros de Temperatura, Oxígeno Disuelto, Demanda Química de Oxígeno, Conductividad, Sólidos Suspendidos Totales y pH, utilizados para determinar la calidad del agua en la microcuenca del caño Banderas. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

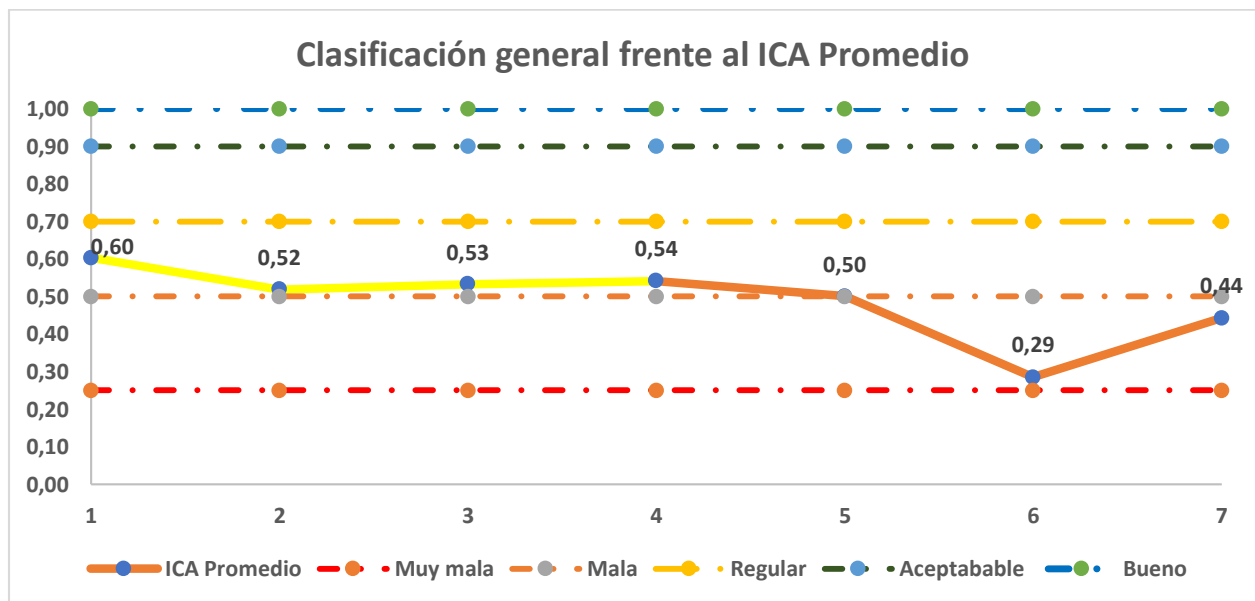


Gráfico 1. Clasificación general frente al ICA Promedio. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

En el gráfico 17 se presenta el promedio del ICA arrojado tras la tabulación de los parámetros para calcular el índice de la calidad del agua utilizando el método formulado por el (IDEAM, 2013), donde se observa que el ICA promedio obtuvo una calificación mala con una señal de alerta naranja para las estaciones cuatro, cinco, seis y siete que se ubicaron en un rango de 0,26 a 0,50. En relación a las estaciones uno, dos y tres con calificaciones regulares y una alerta amarilla cuyos valores están entre 0,51 y 0,70.

Basado en el planteamiento de (León, 2014) quien describe como los resultados del índice de calidad del agua que arrojan una alerta regular tienden a aumentar la vegetación acuática situación que limita la diversidad de especies acuáticas. Esto se puede asociar al caso del caño Banderas más exactamente en la estación de muestreo cuatro, mediante la observación realizada se encontró vegetación acuática, por esta razón hay menor diversidad de especies.

Por otro lado, el resultado que marco una alerta mala puede relacionarse con los problemas de contaminación del agua donde es poca la presencia de vida acuática (León, 2014), de esta manera, las condiciones limitan la presencia de estos organismos, por tanto, la fuente hídrica no es apta para uso recreativo y aún más restringida para consumo humano (León, 2014).

8.3 Definir programas de prevención, control, corrección de las afectaciones a la calidad del agua del caño Banderas.

Al obtener los resultados de la caracterización de actividades antrópicas y determinar la calidad del agua mediante los parámetros fisicoquímicos en el caño Banderas, el grupo de investigación procede a identificar las temáticas que permitirán mitigar o reducir el impacto de contaminación del mismo; para finalmente elaborar la estructura de los programas de prevención, control y corrección que buscan ser una guía de apoyo a la comunidad del caño Banderas, para reducir el nivel de contaminación a la fuente hídrica, teniendo en cuenta los resultados obtenidos.

El programa para la gestión de residuos sólidos se escogió a partir de lo observado durante el recorrido de campo en donde se evidencio el mal manejo de los residuos sólidos durante todo el

recorrido de la rivera del caño; de igual manera la comunidad encuestada expresa esta problemática ambiental en un 19%.

Tabla 7. Programa para la gestión de residuos sólidos.

PROGRAMA PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS	
1. META	
Disminuir en un 80% la disposición inadecuada de residuos sólidos en la microcuenca del caño Banderas	
2. OBJETIVOS	
Establecer puntos de recolección de residuos sólidos para su adecuada disposición, disminuyendo así los malos olores dentro de la ronda hídrica del caño Banderas.	
3. JUSTIFICACIÓN	
Una de las principales causas asociadas a la contaminación del caño Banderas está relacionada con la mala disposición de los residuos sólidos dentro de la ronda hídrica del caño Banderas, por tal motivo es de gran importancia fijar estrategias para el adecuado manejo de los residuos sólidos generados por la comunidad. En este sentido dentro de las actividades de este programa se tiene mejorar los procesos de aseo, separación en la fuente, recolección, almacenamiento temporal, transporte y disposición final, con el fin de mejorar la calidad de vida tanto del recurso hídrico como el de la salud de los habitantes.	
4. ACTIVIDADES A DESARROLLAR	
- Realizar tres campañas de sensibilización en cuanto al manejo, uso y disposición final de los residuos sólidos a la comunidad aledaña al Caño Banderas. - Generar cuatro puntos de recolección y clasificación en los sitios donde se encuentran las invasiones. - Realizar cuatro jornadas de limpieza sobre la fuente hídrica, teniendo en cuenta a las juntas de acción comunal de los barrios que se encuentran aledaños al Caño Banderas.	
5. TIEMPO DE EJECUCIÓN	
- Campañas de sensibilización: 3 meses - Puntos de recolección y clasificación: 4 meses - Jornadas de limpieza: 1 año	
6. SEGUIMIENTO	
% cumplimiento = (Campañas ejecutadas / Campañas planificadas) * 100 % cumplimiento = (Puntos ecológicos ejecutados / Puntos ecológicos planificados) * 100 % cumplimiento = (Jornadas de limpieza ejecutadas / Jornadas de limpieza planificadas) * 100	
7. RESPONSABLES	
De ejecución - Secretaria de Ambiente y Desarrollo Rural - Comunidad asentada en la rivera del Caño Banderas	De seguimiento y monitoreo Secretaria de Ambiente y Desarrollo Rural

Nota: describe la estructura del programa de gestión de residuos sólidos. Modificado Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

El segundo programa para el manejo de agua residual se elaboró teniendo en cuenta que se presentan 61 puntos de vertimientos puntuales aguas abajo del caño, de igual manera se consideró

el 60% donde los habitantes encuestados manifestaron que los malos olores a causa de los vertimientos es una problemática ambiental; así mismo se tuvo en cuenta los resultados del índice de calidad de agua en donde en las estaciones cinco, seis y siete presentan una clasificación de mala calidad con una señal de alerta naranja

Tabla 8. *Programa para el manejo de agua residual.*

PROGRAMA PARA EL MANEJO DE AGUA RESIDUAL	
1. META	
Disminuir en un 75% los vertimientos puntuales a la microcuenca del Caño Banderas.	
2. OBJETIVO	
Reducción del número de vertimientos, con el fin de disminuir los niveles de contaminación por los vertimientos de agua residual doméstica sobre el Caño Banderas.	
3. JUSTIFICACIÓN	
El Caño Banderas en el municipio de Puerto López históricamente probablemente no se le ha realizado algún estudio para ver el comportamiento que posiblemente presenta la fuente hídrica por el aporte de los vertimientos domésticos, debido a esto es necesario que se desarrollen análisis y se hagan registros de los vertimientos. Contando con esa información pertinente se podría implementar algunas gestiones y así poder disminuir el nivel de contaminación que posiblemente pueda tener, teniendo en cuenta la salud pública y el medio ambiente.	
4. ACTIVIDADES A DESARROLLAR	
- Promover la construcción de 38 pozos sépticos en las viviendas que están haciendo vertimientos hacia el Caño Banderas - Realizar dos actividades de control sistemático a los tanques sépticos existentes verificando su estado. - Realizar un estudio de análisis del índice de calidad del agua y del índice de contaminación en temporada seca y de lluvia.	
5. TIEMPO DE EJECUCIÓN	
- Construcción de los pozos sépticos: 1 año - Control sistemático a los tanques sépticos: 1 año - Análisis de calidad y de contaminación del agua: 1 año	
6. SEGUIMIENTO	
% cumplimiento = (Construcción de pozos sépticos realizados/ Construcción de pozos sépticos planificados) * 100 % cumplimiento = (Control de seguimiento ejecutados / Control de seguimiento planificados) * 100 % cumplimiento = (Análisis de calidad y de contaminación del agua ejecutados / Análisis de calidad y de contaminación del agua planificados) * 100	
7. RESPONSABLES	
De ejecución - Secretaría de Ambiente y Desarrollo Rural - Secretaría de Infraestructura - Secretaría de Planeación Municipal - Empresa de servicios públicos de Puerto López - Comunidad asentada en la rivera del Caño Banderas	De seguimiento y monitoreo Secretaría de Ambiente y Desarrollo Rural

Nota: describe la estructura del programa manejo de agua residual. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

El tercer programa para la educación ambiental se seleccionó teniendo en cuenta la problemática ambiental que se evidencia en el caño Banderas, como son los vertimientos puntuales, la mala disposición de residuos sólidos y la invasión de la rivera del caño por los asentamientos irregulares; con el objetivo de concientizar a la comunidad sobre la importancia del cuidado y la protección del medio ambiente, buscando que el hombre se relacione con su ambiente y con su entorno para un cambio de actitud.

Tabla 9. *Programa de educación ambiental*

PROGRAMA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL	
1. META	
Capacitar en un 70% a la comunidad aledaña al Caño Banderas en temas relacionados con la importancia de la educación ambiental.	
2. OBJETIVO	
Capacitar a la comunidad a que adquieran mayor sensibilización del medio ambiente en general y de los problemas conexos, para asegurar que se adopten medidas adecuadas.	
3. JUSTIFICACIÓN	
Debido al deterioro de las condiciones del Caño Banderas y el detrimento de la calidad del recurso hídrico, se hace significativo que la comunidad se relacione con su ambiente, con su entorno y así buscar un cambio en la actitud de las personas para que tomen conciencia de la importancia de conservar los ecosistemas que los rodean y mejorar consigo mismo la calidad de vida.	
4. ACTIVIDADES A DESARROLLAR	
- Desarrollar tres talleres a las juntas de acción comunal y las invasiones que tienen incidencia en el Caño Bandera, acerca de la necesidad de conservación del medio ambiente. - Realizar cinco charlas de educación ambiental a la comunidad aledaña al Caño Banderas. - Ejecutar cuatro actividades lúdicas que contribuyan a un manejo adecuado de los residuos sólidos y líquidos, fomentando acciones de reciclaje y uso racional del agua. - Realizar dos capacitaciones sobre cambio de hábitos de higiene en el uso del agua en el hogar a los habitantes de las invasiones aledañas al Caño Banderas.	
5. TIEMPO DE EJECUCIÓN	
- Talleres a la comunidad: 3 meses - Charlas de educación ambiental: 6 meses - Actividades lúdicas: 2 meses	
6. SEGUIMIENTO	
% cumplimiento = (Talleres ejecutados / Talleres planificados) * 100 % cumplimiento = (Charlas ejecutadas / Charlas planificadas) * 100 % cumplimiento = (Actividades lúdicas ejecutadas / Actividades lúdicas planificadas) * 100 % cumplimiento = (Capacitaciones ejecutadas / Capacitaciones planificadas) * 100	
7. RESPONSABLES	
De ejecución - Secretaría de Ambiente y Desarrollo Rural - Instituto municipal de deporte, cultura y turismo	De seguimiento y monitoreo Secretaría de Ambiente y Desarrollo Rural

Nota: describe la estructura del programa educación ambiental. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019..

El cuarto programa para la reforestación dentro de la ronda hídrica del caño Bandera se eligió debido a que durante los recorridos de campo se observó poca presencia de árboles a lo largo del caño, lo cual ha incidido en el deterioro de las laderas del caño Banderas, que a su vez facilita el desbordamiento de esta fuente hídrica y deriva en el inminente peligro de inundaciones para los asentamientos irregulares y barrios aledaños.

Tabla 10. *Programa de reforestación dentro de la ronda hídrica del Caño Banderas*

PROGRAMA DE REFORESTACIÓN DENTRO LA RONDA HÍDRICA DEL CAÑO BANDERAS	
1. META	
Reforestar con 3000 árboles nativos la rivera del Caño Banderas.	
2. OBJETIVOS	
Reforestación de áreas desprovistas de vegetación en la rivera, para el fortalecimiento de la estructura hídrica y conservación del ecosistema del Caño Banderas	
3. JUSTIFICACIÓN	
Una alternativa ambiental y productiva es la siembra de árboles en las rondas hídricas de los ríos, esto debido a que trae varios beneficios para el ecosistema, tanto para el recurso hídrico, aire y suelo. Es por eso que en la ronda hídrica del Caño Banderas se pretende reforestar aquellas áreas en donde son desprovistas de vegetación, con el fin de mantener su estructura hídrica y mejorar la calidad de los ecosistemas del Caño.	
4. PLAN DE ACCIÓN	
- Realizar seis jornadas de reforestación con las juntas de acción comunal de los barrios aledaños al Caño Banderas. - Realizar dos talleres a la comunidad de los barrios aledaños al Caño Banderas en cuanto a la importancia y cuidado de los árboles. - Realizar 6 seguimiento en las zonas reforestadas para la respectiva conservación de los árboles sembrados.	
5. TIEMPO DE EJECUCIÓN	
- Siembra de árboles: 3 mes - Talleres: 1 mes - Seguimiento: 1 año	
6. SEGUIMIENTO	
% cumplimiento = (Árboles sembrados / Árboles planificadas) * 100 % cumplimiento = (Talleres ejecutadas / Talleres planificadas) * 100 % cumplimiento = (Seguimientos ejecutados / Seguimientos planificados) * 100	
7. RESPONSABLES	
De ejecución - Secretaria de Ambiente y Desarrollo Rural - Comunidad asentada en la rivera del Caño Banderas	De seguimiento y monitoreo Secretaría de Ambiente y Desarrollo Rural

Nota: describe la estructura del programa de reforestación dentro la ronda hídrica del caño Banderas. Por Diego Torres; Diana Güiza, 2019.

9. Conclusiones

El trabajo de campo realizado en el caño Banderas, permitió identificar que las actividades antrópicas tales como la actividad pecuaria, la unidad económica dedicada al mantenimiento, reparación y parqueadero de automotores. Otra de las actividades antrópicas describe los asentamientos irregulares ubicados al margen izquierdo en los intervalos de las estaciones cinco, seis y siete, donde se logró observar la incidencia de los vertimientos informales que cada una de estas viviendas realizan al cauce del caño Banderas; adicional a esto, el mal funcionamiento de una parte del sistema de alcantarillado provoca en algunas temporadas de lluvia que se rebose la alcantarilla generando condiciones de insalubridad que finalmente contaminan el caño.

Por otro lado, al describir los aspectos sociodemográficos evidenciados en estos asentamientos irregulares, cuyas viviendas fueron construidas en madera, con tejas de zinc y algunas de ellas en material de concreto, se destaca que una minoría de estos habitantes expresaron ser desplazados. Estas viviendas tienen servicio de energía y agua, pero estas son mediante conexiones no formalizadas; no hay servicio de gas propano; las viviendas no cuentan con un servicio de alcantarillado, por este motivo los vertimientos informales llegan de manera directa a la fuente hídrica.

En este aspecto es importante mencionar el índice de calidad del agua (ICA), el cual esta directamente relacionado con el comportamiento sociodemográfico que se describió anteriormente, al observar que en las cuatro primeras estaciones el resultado obtenido en la clasificación fue regular; sin embargo es relevante señalar que en la estación cuatro se encuentra ubicado el parqueadero de automotores, con lo anterior no se busca generar un factor de incidencia, sino por el contrario expresar que esta actividad antrópica no es determinante en el nivel de contaminación obtenido.

Al analizar las estaciones cinco, seis y siete el índice de calidad del agua obtenido según la clasificación es mala y la señal de alerta es naranja; para el grupo de investigación la identificación de los asentamientos irregulares podría ejercer cierta influencia directa al afluente, debido a las condiciones sociodemográficas señaladas anteriormente, en las que se muestran acciones

inadecuadas en los vertimientos informales; este proceso a pesar de no profundizar en aspectos de la cotidianidad de los habitantes, puede expresarse que mediante en el área observo unas conexiones improvisadas para verter las aguas residuales.

Continuando con un aspecto significativo como es el comportamiento sociodemográfico de los asentamientos irregulares, en los cuales se evidencia hábitos, prácticas y desconocimiento del uso y manejo adecuado de las aguas residuales, se logró conceptualizar a partir de los resultados del Índice de Calidad del Agua (ICA) la necesidad de formular programas de prevención, control, corrección de las afectaciones a la calidad del agua del caño Banderas, los cuales abordan planes de trabajo que buscan en primer lugar generar conciencia en la comunidad que habita el sector y actores sociales de la región sobre la importancia de mitigar el impacto negativo generado por las actividades antrópicas.

Por tanto, se seleccionaron temas como la gestión de residuos sólidos el cual busca disminuir la disposición inadecuada de estos residuos; además de ubicar puntos de recolección como estrategia para educar a la comunidad en la disposición final de estos residuos. Otro de los programas tiene que ver con el manejo de agua residual, su objetivo es vincular a los actores sociales del municipio para la construcción de los pozos sépticos que permita reducir los vertimientos informales.

Un tercer programa diseñado hace énfasis en la educación ambiental, bajo el argumento de empoderar a la comunidad en general sobre los hábitos, acciones y responsabilidades individuales y colectivas para fortalecer la conservación y preservación del medio ambiente. Finalmente, el programa de reforestación dentro de la ronda hídrica del caño Banderas se convierte en una estrategia de mejora continua en la que promover la recuperación de los escenarios naturales en el área de influencia, con el fin de mantener su estructura hídrica y mejorar la calidad de los ecosistemas del Caño.

10. Recomendaciones

A la Alcaldía del municipio de Puerto López, planificar una estrategia de reubicación de los asentamientos irregulares al margen del caño Banderas, con el fin de minimizar el impacto ambiental y a su vez, propiciar el mejoramiento de la calidad de vida de la población.

A la Alcaldía municipal y a la Empresa de Servicios Públicos de Puerto López (Espuerto S.A) encargada del sistema de alcantarillado, para que estructuren un plan de acción que permita la interconexión de los drenajes de aguas residuales, evitando de esta manera, la descarga en el afluente.

A la Personería Municipal y Secretaria de Gobierno realizar el empoderamiento a los líderes de las Juntas de Acción Comunal (ASOJUNTAS) en programas de control, prevención y mitigación de los problemas ambientales generados por los asentamientos irregulares y urbanos en el municipio.

A los entes de control para que realicen estudios para el mejoramiento en el monitoreo y seguimiento del recurso hídrico del caño Banderas ya que no existían estrategias, incumpliendo con uno de los objetivos de la política nacional para la gestión integral del recurso hídrico, ya que no se presentan evaluaciones del estado del afluente, mostrando deficiencias en la gestión realizada por parte de las instituciones ambientales.

Desde el punto de vista de la ingeniería, se sugiere realizar unas estrategias que permita mitigar el impacto actual de la calidad en el afluente de estudio, como realizar estudios posteriores de una evaluación sistemática de carácter anual, que permita identificar temporalmente los cambios de la calidad del recurso hídrico. Adicionalmente se requiere una caracterización fisicoquímica y microbiológica de los vertimientos domésticos sobre el cuerpo de agua. Se deben ampliar las obras civiles que se encargan de recolectar los vertimientos domésticos generados, para lograr cumplir con lo establecido por el gobierno nacional y se debe trabajar en la eliminación de los puntos de vertimientos que se hacen a los ríos y caños en el municipio (como el afluente de estudio caño Banderas), canalizando las aguas residuales hacia un solo punto de vertimiento.

Bibliografía

- Agudelo, P., Rivera, J., Bernal, M., & Castaño, E. (2012). Caracterización del riesgo de contaminación por actividades pecuarias en el río Molinos , Villamaría (Caldas , Colombia). *Veterinaria y Zootecnia*, 6(2), 56–82. <http://vetzootec.ucaldas.edu.co/downloads/v6n2a05.pdf>
- Aguilar, S., & Solano, G. (2018). Evaluación Del Impacto Por Vertimientos De Aguas Residuales Domésticas, Mediante La Aplicación Del Índice De Contaminación (Icomo) En Caño Grande, Localizado En Villavicencio-Meta. (Santo Tomás; Vol. 1). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Aguirre, M. (2014, February). *Análisis de la DQO y la DBQ*. <http://www.aguaydepuracion.com/por-que-la-dqo-es-mayor-que-la-dbo/>
- Alvarez, A., Rubiños, J., Gavi, F., Alarcón, J., Hernández, E., Ramírez, C., ... Salazar, E. (2006). Índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac, Hidalgo, México: diagnóstico y predicción. *Revista Internacional de Botánica Experimental Phytón*, 75(January 2018), 71–83. https://www.researchgate.net/publication/290860299_Water_quality_in_the_basin_of_the_Amajac_river_Hidalgo_Mexico_Diagnosis_and_prediction/link/5a5f0f120f7e9b4f783cbc9e/download
- Bedoya, L., & Ramírez, A. (2016). *La gestión local del riesgo de desastre como proceso de planificación ambiental y territorial en la cabecera municipal de Puerto López, Departamento del Meta*. (Universidad Tecnológica de Pereira). <https://core.ac.uk/download/pdf/84108254.pdf>
- Brito, M. (2003). Calidad de aguas. *Revista Científica Ambiental*, (Mm), 1–18. Retrieved from https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/pom_totare/diagnostico/l_211calidad_de_aguas.pdf
- Bustamante, A., Galindo, G., Jaramillo, J., & Vargas, S. (2016). Percepción de la contaminación del río Tlapaneco por la población ribereña. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 13, 47–62. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/asd/v13n1/1870-5472-asd-13-01-00047.pdf>
- Caho, C., & López, E. (2017). Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector

- occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI. *Producción + Limpia*, 12(2), 35–49. <https://doi.org/10.22507/pml.v12n2a3>
- Carbone, M., García, M., Marcovechio, J., Piccolo, M., & Perillo, G. (2013). Impacto antrópico en la calidad del agua superficial de la cuenca media del arroyo Claromecó, Argentina. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 39(2), 391–404. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4281728.pdf>
- Castro, L., Miguel, L., & Rodríguez, M. (2014). *Asentamientos Irregulares* (Universidad de Montevideo). https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/50207314/Los_factores_determinantes_de_la_formaci20161109-12603-1762loa.pdf?response-content-disposition=inline%3Bfilename%3DLos_factores_determinantes_de_la_formaci.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-A
- Coello, J., Ormaza, R., Recalde, C., & Rios, A. (2015). Aplicación del ICA-NSF para determinar la calidad del agua de los ríos Ozogoché, Pichahuiña y Pomacocho-Parque Nacional Sangay-Ecuador. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 16(31), 66–71. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/11281/10118>
- Congreso de Colombia. (1991). *Constitución Política de Colombia 1991*. por el cual se adoptan las normas para la convivencia en el territorio. gaceta constitucional 116. http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/constitucion_politica_1991.html
- Congreso de Colombia. *Ley 388 de 1997*. (22 de diciembre 1997). por la cual se dictan reglamentaciones en materia de manejo ambiental en el entorno. Diario Oficial No. 43.127. http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0388_1997.html
- Congreso de Colombia. *Ley 99 de 1993*. (22 de diciembre de 1993) por la cual dictan las disposiciones para la creación del ministerio de Medio Ambiente y el contexto en el sector público, Diario Oficial No. 41.146. http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0099_1993.html
- Consejo Municipal. (2015). *Plan de Desarrollo municipio de Puerto López - Meta* (No. Acuerdo 008). [http://www.puertolopez-meta.gov.co/MiMunicipio/ProgramadeGobierno/Plan de De Desarrollo 2012-2015.pdf](http://www.puertolopez-meta.gov.co/MiMunicipio/ProgramadeGobierno/Plan_de_DeDesarrollo_2012-2015.pdf)
- CORMACARENA. (2010). Volumen 1: Objetivos y criterios de calidad del agua. In *Formulación*

- del Plan de Ordenamiento de las Fuentes Hídricas Priorizadas en Jurisdicción de CORMACARENA*. <http://www.cormacarena.gov.co/descargarpdf.php?libro=2129>
- Custodio, M., & Pantoja, R. (2012). Impactos antropogénicos en la calidad del agua del río Cunas. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 02(02), 130–137. <https://doi.org/10.18259/acs.2012015>
- Delgado, C., Esteller, M., & López, F. (2005). *Recursos Hídricos: conceptos básicos y estudios de caso en Iberoamérica* (Piriguazú; C. Delgado, M. Esteller, & F. López, Eds.). <http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/rh01/rh01.pdf>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2018). *Proyecciones Censo 2018*.
- Díaz, J., & Granada, C. (2018). Efecto de las actividades antrópicas sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas del río Bogotá a lo largo del municipio de Villapinzón, Colombia. *Revista de La Facultad de Medicina*, 66(1), 45–52. <http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v66n1.59728>
- Ecopetrol S.A. (2018, August 22). Caracterización fisicoquímica e hidrobiológica aguas superficiales en concesión (caño Cacayal y caño Grande) campo Castilla. 1 -2018. *Ecopetrol S.A.*, pp. 2–70. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.1940.s1-20.459>
- Goyenola, G. (2007). Determinación del pH. *Public Health*, 1(315025), 2. [http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/Determinacion del pH.pdf](http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/Determinacion%20del%20pH.pdf)
- Gualdrón, D. (2018). Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros fisicoquímicos y biológicos. *Dinamica Ambiental*, (1), 83–102. <https://doi.org/10.18041/2590-6704/ambiental.1.2016.4593>
- Hernandez, I. (2015). Identificación de asentamientos irregulares y diagnóstico de sus necesidades de infraestructura en Ciudad Juárez, Chihuahua, México. *Investigaciones Geograficas*, 87, 88–101. <https://doi.org/10.14350/rig.41793>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6th ed.; MacGraw Hill, Ed.). México.
- IDEAM. (2013). IDEAM. Indicadores hídricos website: <http://www.ideam.gov.co/web/agua/indicadores1>
- Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2013). Índice de calidad del agua en corrientes superficiales (ICA). <http://www.ideam.gov.co/documents/24155/125494/36->

3.21_HM_Indice_calidad_agua_3_FI.pdf/9d28de9c-8b53-470e-82ab-daca2d0b0031

Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2015). Formato Común de Hoja Metodológica de Indicadores Ambientales Promedio de oxígeno disuelto. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/96870/TesisHZ.pdf?sequence=1>

León, G. (2014). *Diagnóstico de la calidad del agua de la microcuenca del río Congüime y diseño de una propuesta de mitigación para la zona crítica establecida mediante el índice de calidad de agua (Ica Brown) en la provincia de Zamora Chinchipe cantón Paquisha*. (Universidad Central de Ecuador). Retrieved from <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2256>

Lizarazo, J., & Orjuela, M. (2013). *Sistema de tratamientos de aguas residuales en Colombia* (Universidad Nacional de Colombia). <http://bdigital.unal.edu.co/11112/1/marthaisabelorjuela2013.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Decreto 1076 de 2015. , 1 Diario Oficial § (2015).

Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. *Resolución 631 de 2015*. , Pub. L. No. 631 DE 2015 (2015).

Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. (2019). Indicadores ambientales. Demanda Bioquímica de Oxígeno. https://www.dinama.gub.uy/indicadores_ambientales/ficha/oan-demanda-bioquimica-de-oxigeno/

Monforte, G., & Cantú, P. (2009). Escenario del agua en México. *CULCyT: Cultura Científica y Tecnológica*, (30), 31–40. Retrieved from <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/356/336>

Montero, V., & Ramírez, Y. (2018). Análisis de la variabilidad en la calidad de agua, a partir del uso de índices de contaminación (ICO's) como aporte al POMCA de la Cuenca del Río Guayuriba (Universidad Santo Tomas). <https://doi.org/10.1051/matecconf/201712107005>

Morales, P., & Rojas, R. (2018). Evaluación de la presencia y distribución de arsénico y cadmio en el río Ocoa, municipio de Villavicencio, Meta, (Santo Tomas). <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/13700/2018paulamorales.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Orozco, A. (2005). *Bioingeniería de aguas residuales* (Segunda; ACORDAL, Ed.). <https://books.google.com.co/books?id=t5w5EZf1VhMC&pg=PA454&dq=aguas+residuales&hl=es->

419&sa=X&ved=0ahUKEwiPufmG1YDnAhXw1FkKHYbJDmMQ6AEIUjAG#v=onepage
&q=aguas residuales&f=false

- Ortíz, J. (2011a). *Lineamiento ambientales para un manejo sostenible de la microcuenca del caño b-Acosta* (Universidad de los Llanos). [https://repositorio.unillanos.edu.co/bitstream/001/205/1/RUNILLANOS-GES_0036_EJ.2011_Lineamiento_ambientales_para_un_manejo_sostenible_de_la_microcuenca_del_caño b-Acosta Ortiz%2C Jaidy.pdf](https://repositorio.unillanos.edu.co/bitstream/001/205/1/RUNILLANOS-GES_0036_EJ.2011_Lineamiento_ambientales_para_un_manejo_sostenible_de_la_microcuenca_del_caño_b-Acosta_Ortíz%2C_Jaidy.pdf)
- Ortíz, J. (2011b). *Programa de Vigilancia por Laboratorio de la Calidad de Agua para Consumo Humano* (p. 95). p. 95. [https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacin SIVICAP/2011 Manual toma de muestras agua.pdf](https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacin_SIVICAP/2011_Manual_toma_de_muestras_agua.pdf)
- Pérez. (2010). Caracterización de la calidad del agua en la planta de tratamiento de agua potable y en la red de distribución de la ciudad de Yopal. Retrieved from <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2010/133761.pdf>
- Pérez, G., Arriola, J., García, T., Saldaña, B., & Mendoza, J. (2016). Evaluación de la calidad del agua de cuatro jagüeyes del parque estatal “flor del bosque”, Puebla, México. *Revista Ra Ximhai*, 12(4), 153–168. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/461/46146927009.pdf>
- Ramírez, A., Restrepo, R., & Viña, G. (1997). Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. formulaciones y aplicación. *CT y F - Ciencia, Tecnología y Futuro*, 1(3), 135–153. <http://www.scielo.org.co/pdf/ctyf/v1n3/v1n3a09.pdf>
- Decreto 2811. (27 de enero de 1975) por el cual se crea el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Diario Oficial No 34.243. http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/decreto_2811_1974.html
- Rodier, J. (1998). *Análisis de las aguas: aguas naturales, aguas residuales, aguas de mar* (Primera; S. . Omega, Ed.). Barcelona, España.
- Rodriguez, H. (2016, March). Las aguas residuales y sus efectos contaminantes. *Agua Magazine*, 1. Retrieved from <https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>
- Rodríguez, M. (2010). Prevención de Riesgos Medioambientales. *Medio Ambiente y Salud*, 2(1), 40. Retrieved from http://www.ingenieroambiental.com/4014/lsi_cap07.pdf
- Rodriguez, Serna, J., & Sánchez, J. (2016). Índices de calidad en cuerpos de agua superficiales en la planificación de los recursos hídricos. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 8(1), 10.

<https://doi.org/10.22335/rlct.v8i1.306>

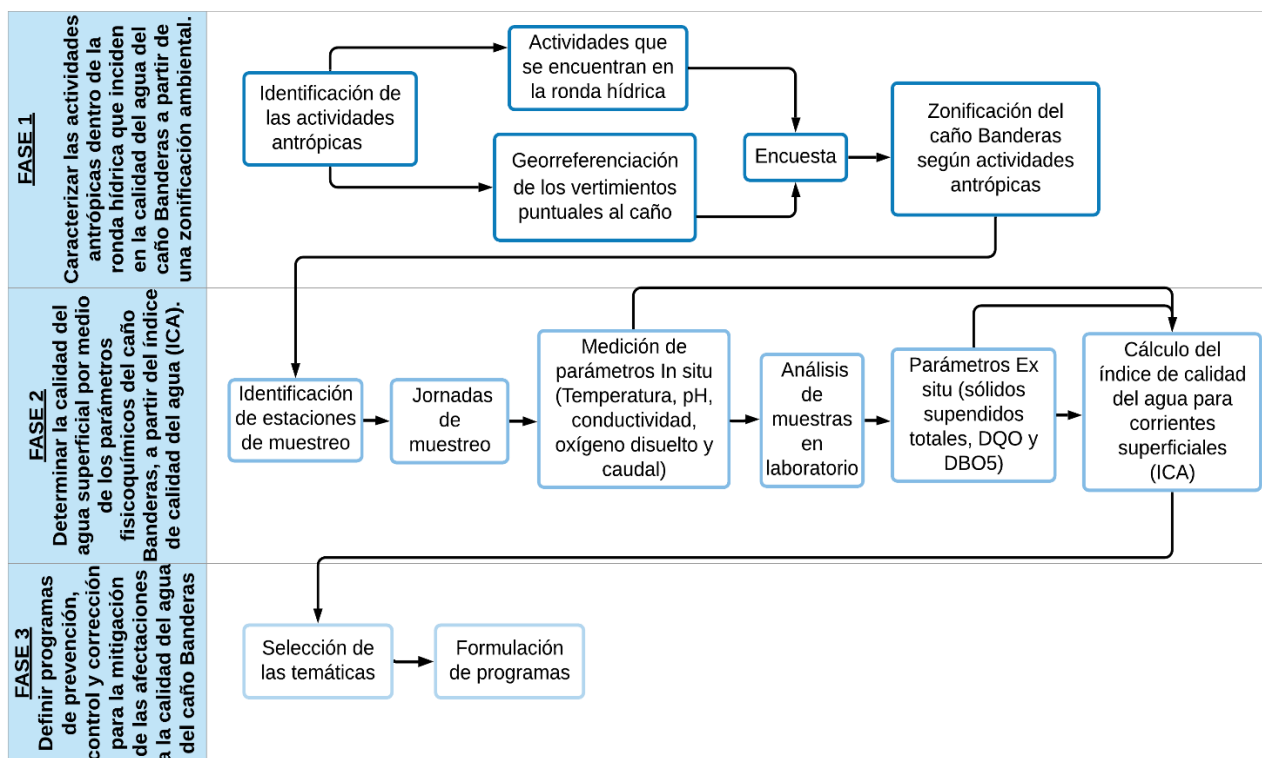
- Salazar, D. (2015). Estudio del Impacto Ambiental Generado por Vertimientos Provenientes de un Establecimiento Penitenciario. *Universidad Militar Nueva*, 20. <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/6463/1/ARTICULO ESPECIALIZACION FINAL.pdf>
- Sarria, V., Parra, S., Rincón, A., Torres, R., & Pulgarín, C. (2005). Nuevos Sistemas Electroquímicos Y Fotoquímicos Para El Tratamiento De Aguas Residuales Y De Bebida New Electrochemical and Photochemical Systems for Water and Wastewater Treatment. *Revista Colombiana de Quimica*, 34(2), 161–173. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcq/v34n2/v34n2a06.pdf>
- Decreto 1076 de 2015. (26 de mayo de 2015) por el cual se el cual se crea el reglamento del sector ambiental y desarrollo sostenible. *Diario Oficial No. 49523* <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153>
- Segura, L. (2017). *Estudio de antecedentes sobre la contaminación hídrica en Colombia* (Escuela Superior de Administración Pública). https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/50221773/estudio_de_antecedentes_sobre_la_contaminacion_hidrica.pdf?response-content-disposition=inline%3Bfilename%3DESTUDIO_DE_ANTECEDENTES_SOBRE_LA_CONTAMI.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Crede
- Trujillo, J., Mahecha, J., Torres, M., Brevik, E., Keesstra, S., & Jiménez, R. (2017). Impacto del agua del río potencialmente contaminada en los suelos agrícolas de regadío en un clima ecuatorial. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, (June). <https://doi.org/10.3390/agriculture7070052>
- Velosa, R. (2016). *Plan de manejo ambiental del área de conservación de Caño Banderas*. <https://www.ustavillavicencio.edu.co/images/ing-ambiental/documentos/gruposinvestiagacion/proyecto-10---plan-de-manejo-ambiental-del-area-de-conservacin-del-cao-bandera-en-el-municipio-puerto-lpez.pdf>
- watercalculator. (2020). calculadora de la huella hidrica. watercalculator website: <https://www.watercalculator.org/wfc2/esp/q/household/>
- Yoshinaga, S., & Albuquerque, G. (2011). Recursos hidricos regionales. In M. G. Hill (Ed.), *Aspectos geológicos de protección ambiental* (Tercera, pp. 138–178).

<http://teideastro.com/assets/files/Mares/Recursos hidricos.pdf>

Zouiten, H. (2012). *Análisis mediante modelado avanzado de procesos de eutrofización en lagunas litorales: aplicación a masas de agua atlánticas y mediterráneas* (Universidad de España).
<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/96870/TesisHZ.pdf?sequence=1>

Anexos

Anexo A. Esquema metodológico



Anexo B. Formato de la encuesta



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
VILLAVICENCIO

ENCUESTA A PREDIOS DOMÉSTICOS

DESCRIPCIÓN DEL USUARIO

1. Pertenecer a algún grupo de atención especial.

- a. Desplazados.
- b. Afrocolombianos.
- c. Indígenas.
- d. No aplica.

2. Cuántas personas habitan en la casa.

- a. 1 - 2
- b. 3 - 4
- c. 5 - 6
- d. Más de 7

3. Nivel de edades de las personas.

- a. 0 a 11 años: Cuántos _____
- b. 12 a 24 años: Cuántos _____
- c. 25 a 54 años: Cuántos _____
- d. 55 y más años: Cuántos _____

4. Ubicación Geográfica de la casa o establecimiento.

- a. Zona rural.
- b. Zona urbana.

5. Con cuales servicios públicos cuenta la casa o establecimiento.

- a. Acueducto
- b. Gas.
- c. Luz.
- d. Alcantarillado.

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

6. Con qué frecuencia realiza estas actividades al día?

- a. Aseo personal: _____ al día
- b. Lavado de loza _____ al día
- c. Lavado de ropa _____ a la semana

7. De dónde proviene el agua que utiliza para estas actividades?

- a. Pozo o aljibe.
- b. Acueducto
- c. Agua lluvia.
- d. Otro: _____

8. A dónde llega el agua residual?

- a. Pozo séptico.
- b. Vertido al suelo.
- c. Vertido al caño.
- d. Alcantarillado.

9.Cuál es la problemática ambiental quemás evidencia en el sector?

- a. Malos olores por los vertimientos.
- b. Manejo inadecuado de los residuos sólidos.
- c. Enfermedades respiratorias.
- d. Dengue

10. ¿Qué tipo actividad desarrolla el lugar?

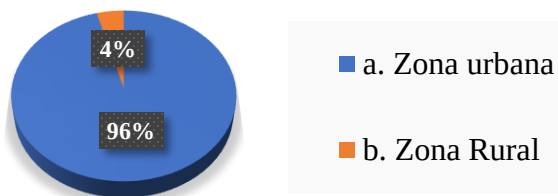
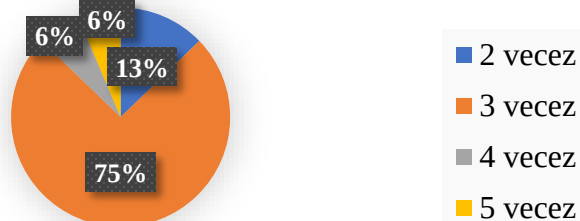
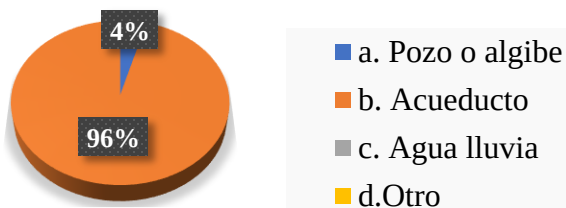
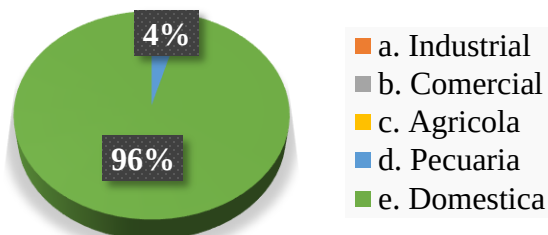
- a. Industrial
- b. Comercial
- c. Agrícola
- d. Pecuaria
- e. Domestica

Coordenadas _____

Dirección _____

PROYECTO DE GRADO. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA POR EFECTO DE LAS ACTIVIDADES FISICOQUÍMICAS A PARTIR DE LAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS DESARROLLADAS EN EL CAÑO BANDERAS. MUNICIPIO DE PUERTO COPIETA.

Anexo C. Resultados estadísticos de la encuesta

4. Ubicación geográfica de la casa o establecimiento**6. Con qué frecuencia realiza esta actividad b. Lavado de loza al día****7. ¿De donde proviene el agua que utiliza para las actividades diarias de la casa?****10. ¿Qué tipo actividad desarrolla el lugar?**

Anexo D. Control de asistencia de las encuestas realizadas

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA VILLAVIEJA		CONTROL DE ASISTENCIA			
Código: AC-VI-F-020		Versión: 004	Fecha: 12/04/2018	Página 1 de 1	
Fecha de la Actividad: 03/09/2019					
Nombre de la Actividad: Encuesta (Comunidad Caño Banderas)					
NOMBRES Y APELLIDOS	ENTIDAD O DEPENDENCIA	CARGO	E-MAIL	CELULAR	FIRMA
Ana Milena Leon Gomez	La Rampla Abel Rey	Amade casa		3778831686	ANA MILLENA
Luz Marina Rodriguez Rosta	La Rampla Abel Rey	Artesana		3214206880	Luz Marina Rodriguez
Paula Muñoz Gonzalez	La Rampla Abel Rey	Amade casa		3138197074	Paula Muñoz
Marcelos Pinto Upina	La Rampla Abel Rey	Amade casa		3203072251	marcelo pinto
Elior Cristobal	La Rampla Abel Rey	Amade casa		3203096387	Elior Cristobal
Clara Blanca Castiblanco	La Rampla Abel Rey	Técnico Asesoría		3214454162	Clara Blanca
Maria Luz Hernandez	La Rampla Abel Rey	Oficinas Varios		3149668900	Maria Luz
Yon Melba Romero R	La Rampla Abel Rey	Amade casa		3117609197	Yon Melba
Maria Eloisa Gomez	La Rampla Abel Rey	Amade casa		3215428532	Maria E. Gomez
Raul Jimenez	La Rampla Abel Rey	Oficinas Varios		3125254068	Raul Jimenez
Esperanza Cardona	La Rampla Abel Rey	Amade casa		3125256824	Esperanza Cardona
Alexander Gomez Rivero	La Rampla Abel Rey	Oficinas Varios		3132589013	Alexander Gomez
Ceslena Rivera	La Rampla Abel Rey	Oficinas Varios		3123192785	Ceslena Rivera
Yamile Ramirez	La Rampla Abel Rey	Amade casa			Yamile
Luz Marina Ortiz	La Rampla Abel Rey	Amade casa		3204684888	Luz Marina
Andres Johana Ramirez	La Rampla Abel Rey	Amade casa		3114873271	Andres R

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA VILLAVIEJA		CONTROL DE ASISTENCIA			
Código: AC-VI-F-020		Versión: 004	Fecha: 12/04/2018	Página 1 de 1	
Fecha de la Actividad: 03/09/2019					
Nombre de la Actividad: Encuesta (Comunidad Caño Banderas)					
NOMBRES Y APELLIDOS	ENTIDAD O DEPENDENCIA	CARGO	E-MAIL	CELULAR	FIRMA
Glaciela Ramirez	Policaupa	Oficinas Varios		3138079736	Glaciela R
Ferny Monsalve	Policaupa	Independiente		3123001668	Ferny Monsalve
Maria Enrique	Policaupa	Amade casa		3124833397	Maria E. Enrique
Fani Tejada Beza	Policaupa	Amade casa		3224496752	Fani Tejada
Miryan Hernandez Buita	Policaupa	Amade casa		3142121956	Miryan Hernandez
Paula Andrea Quintero	Policaupa	Estudiante		3194260275	Paula Andrea
Sol Goye Gutierrez	Policaupa	Amade casa		3156231282	Sol Goye
Diana Fajardo	Policaupa	Oficinas Varios		311808752	Diana Fajardo
Erika Suarez	Policaupa	Amade casa		3204548829	Erika S
Luznelly Soza	Policaupa	Amade casa		3102682903	Luznelly Soza
Falsury Pineda Chila	Policaupa	Amade casa		3202546970	Falsury Pineda
Luz Castañeda	Policaupa	Oficinas Varios		3123458968	Luz Castañeda
Sol Amor Brander	Policaupa	Oficinas Varios		312810311	Sol Amor
Monsal Rodriguez M	Policaupa	Oficinas Varios		3136572488	Monsal Rodriguez
Samuel Castiblanco	Policaupa	Amade casa		3115215871	Samuel C.
Gloria Vazquez Vazquez	Policaupa	Amade casa		3147016203	Gloria Vazquez

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA VILLAVIEJA		CONTROL DE ASISTENCIA			
Código: AC-VI-F-020		Versión: 004		Fecha: 12/04/2018	Página 1 de 1
Fecha de la Actividad: 03/09/2018		Nombre de la Actividad: Encuesta Comunal Caño Banderas			
NOMBRES Y APELLIDOS	ENTIDAD O DEPENDENCIA	CARGO	E-MAIL	CELULAR	FIRMA
Luz Maria Villalobos Cruz	Policaipa	Amade casa		3112927668	Luz Maria C.
Apa Lucia Vazquez M.	Policaipa	Amade casa		3194512463	Apa Lucia Vazquez
Alfonso Herrera	Policaipa	Auxiliar		3158856713	Alfonso
Sirvelene Lozada Pineda	Policaipa	Amade casa		3204988701	Sirvelene
Maria Mercedes Ariza	Policaipa	Amade casa		32024319	Maria Mercedes A.R.
Jose del Carmen Diaz	Policaipa	Oficinas Varios		3108671612	Jose del Carmen
Ximelidy Garzon	Policaipa	Amade casa		-	ximelidy G.
Gloria Patricia Diaz V.	Policaipa	Amade casa		3022926310	No Firma
Gloria CARRERA M.	Policaipa	Recicladora		3123970493	Alfonso
Alkata Asudele	Policaipa	Oficinas Varios		3208270112	No Firma
Rubela Samora	Policaipa	Recicladora		-	No Firma
Jose Ortiz Vargaz	Policaipa	Oficinas Varios		3229604413	Jose Ortiz
Yennifer Castañeda	Policaipa	Oficinas Varios		-	Yennifer Castañeda
Antonieta Layza	La Bamba Santander	Oficinas Varios		-	Antonieta Layza
Luz Carmenza Mesa	Policaipa	Amade casa		-	Luz Mesa

Anexo E. Coordenadas geográficas de los vertimientos puntuales

Punto	Coordenadas Geográficas	
1	N: 04° 04' 51,2"	W: 072° 57' 22,7"
2	N: 04° 04' 50,8"	W: 072° 57' 23,3"
3	N: 04° 04' 50,8"	W: 072° 57' 23,5"
4	N: 04° 04' 52,1"	W: 072° 57' 24,0"
5	N: 04° 04' 51,0"	W: 072° 57' 23,5"
6	N: 04° 04' 51,1"	W: 072° 57' 23,7"
7	N: 04° 04' 51,7"	W: 072° 57' 24,0"
8	N: 04° 04' 51,4"	W: 072° 57' 24,0"
9	N: 04° 04' 50,1"	W: 072° 57' 16,2"
10	N: 04° 04' 51,8"	W: 072° 57' 21,4"
11	N: 04° 04' 49,8"	W: 072° 57' 17,2"
12	N: 04° 04' 49,6"	W: 072° 57' 17,3"
13	N: 04° 04' 49,7"	W: 072° 57' 17,2"
14	N: 04° 04' 51,3"	W: 072° 57' 12,6"
15	N: 04° 04' 50,4"	W: 072° 57' 13,1"
16	N: 04° 04' 50,6"	W: 072° 57' 14,0"
17	N: 04° 04' 49,2"	W: 072° 57' 17,3"
18	N: 04° 04' 49,6"	W: 072° 57' 17,2"
19	N: 04° 04' 50,3"	W: 072° 57' 12,2"
20	N: 04° 04' 48,6"	W: 072° 57' 09,8"
21	N: 04° 04' 50,5"	W: 072° 57' 12,5"
22	N: 04° 04' 50,7"	W: 072° 57' 12,6"
23	N: 04° 04' 50,6"	W: 072° 57' 13,2"
24	N: 04° 04' 50,4"	W: 072° 57' 14,1"
25	N: 04° 04' 50,6"	W: 072° 57' 13,8"
26	N: 04° 04' 50,2"	W: 072° 57' 13,7"
27	N: 04° 04' 53,2"	W: 072° 57' 31,4"
28	N: 04° 04' 50,3"	W: 072° 57' 12,2"
29	N: 04° 04' 48,6"	W: 072° 57' 09,8"
30	N: 04° 04' 50,5"	W: 072° 57' 12,5"
31	N: 04° 04' 49,9"	W: 072° 57' 27,4"
32	N: 04° 04' 49,9"	W: 072° 57' 28,8"
33	N: 04° 04' 49,7"	W: 072° 57' 27,9"
34	N: 04° 04' 49,7"	W: 072° 57' 28,4"
35	N: 04° 04' 49,8"	W: 072° 57' 28,5"
36	N: 04° 04' 50,8"	W: 072° 57' 28,7"
37	N: 04° 04' 50,1"	W: 072° 57' 29,0"
38	N: 04° 04' 50,0"	W: 072° 57' 29,2"
39	N: 04° 04' 50,2"	W: 072° 57' 28,9"
40	N: 04° 04' 50,2"	W: 072° 57' 29,4"
41	N: 04° 04' 50,3"	W: 072° 57' 29,8"
42	N: 04° 04' 50,2"	W: 072° 57' 30,2"
43	N: 04° 04' 50,7"	W: 072° 57' 30,1"
44	N: 04° 04' 50,3"	W: 072° 57' 30,4"
45	N: 04° 04' 50,7"	W: 072° 57' 30,6"
46	N: 04° 04' 52,0"	W: 072° 57' 31,2"
47	N: 04° 04' 51,6"	W: 072° 57' 31,1"
48	N: 04° 04' 52,4"	W: 072° 57' 30,9"
49	N: 04° 04' 53,2"	W: 072° 57' 32,1"
50	N: 04° 04' 53,2"	W: 072° 57' 32,0"
51	N: 04° 04' 53,4"	W: 072° 57' 32,4"
52	N: 04° 04' 53,5"	W: 072° 57' 32,4"
53	N: 04° 04' 53,6"	W: 072° 57' 32,8"
54	N: 04° 04' 53,8"	W: 072° 57' 32,8"
55	N: 04° 04' 53,9"	W: 072° 57' 33,2"
57	N: 04° 04' 53,7"	W: 072° 57' 34,0"
58	N: 04° 04' 54,22"	W: 072° 57' 34,1"
59	N: 04° 04' 55,9"	W: 072° 57' 33,0"
60	N: 04° 04' 54,8"	W: 072° 57' 37,2"
61	N: 04° 04' 58,9"	W: 072° 57' 44,3"
62	N: 04° 04' 59,1"	W: 072° 57' 44,9"
63	N: 04° 04' 59,6"	W: 072° 57' 46,1"
64	N: 04° 04' 60,2"	W: 072° 57' 61,1"

Anexo F. Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo.

Estación	Coordenadas Geográficas Wtw 84	
1	04° 04' 20,966" N	072° 58' 16,269" W
2	04° 04' 24,336" N	072° 58' 5,53" W
3	04° 04' 27,838" N	072° 58' 0,782" W
4	04° 04' 56,65" N	072° 57' 49,259" W
5	04° 04' 54,132" N	072° 57' 41,399" W
6	04° 04' 52,944" N	072° 57' 34,036" W
7	04° 04' 49,452" N	072° 57' 10,7" W

Fuente: Autores, (2020)

Anexo G. Registro por jornada y estación de análisis.

Registro por jornada y estación de análisis del caudal

	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5	Estación 6	Estación 7
Jornada 1	29,40	5,67	14,98	0,00	0,00	0,00	15,18
Jornada 2	26,52	8,41	18,90	0,00	0,00	0,00	36,04
Jornada 3	14,68	6,70	10,43	0,00	0,00	0,00	15,27
Jornada 4	139,05	16,69	18,50	0,00	0,00	0,00	37,69
Jornada 5	53,57	11,89	19,04	0,00	0,00	0,00	37,86
Jornada 6	15,57	2,58	8,96	0,00	0,00	0,00	15,42
Promedio	46,46	8,65	15,13	0	0	0	26,24
SD	47,49	4,99	4,50	0	0	0	12,02
CV	102,21	57,70	29,71	0	0	0	45,79
Min	14,68	2,58	8,96	0	0	0	15,18
Max	139,05	16,69	19,04	0	0	0	37,86

Nota: en la tabla se observa el registro de cada uno de las estaciones de análisis y jornada de muestreo, donde se observa el promedio, la desviación estándar, coeficiente de variación, mínimos y máximos. Modificado por Autores, 2020.

Registro por jornada y estación de análisis del parámetro oxígeno disuelto

	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5	Estación 6	Estación 7
Jornada 1	6,54	4,97	3,9	7,12	6	7,35	4,5
Jornada 2	7,7	3,8	9,9	8,14	1,45	0,1	1,12
Jornada 3	7,29	1,77	2,51	8,47	3,76	0,1	0,74
Jornada 4	6,75	6,12	5,91	3,55	3,5	3,73	0,59
Jornada 5	7,2	5,7	5,18	4,83	3,9	1,54	1,24
Jornada 6	6,64	3,01	3,05	9,5	3,22	0,301	1,2
Promedio	7,0	4,2	5,1	6,9	3,6	2,2	1,6
SD	0,45	1,67	2,69	2,29	1,46	2,89	1,46
CV	6,4	39,6	52,9	33,1	40,1	132,1	93,4
Min	6,54	1,77	2,51	3,55	1,45	0,1	0,59
Max	7,7	6,12	9,9	9,5	6	7,35	4,5

Nota: en la tabla se observa el registro de cada uno de las estaciones de análisis y jornada de muestreo, donde se observa el promedio, la desviación estándar (SD), coeficiente de variación (CV), mínimos y máximos. Modificado Autores, 2020.

Registro por jornada y estación de análisis del parámetro demanda bioquímica de oxígeno

	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5	Estación 6	Estación 7
Jornada 1	21	29	62	40	20	39	27
Jornada 2	80	180	90	408	58	47	48
Jornada 3	40	162	82	87	40	141	-90
Jornada 4	104	210	99	220	54	87	223
Jornada 5	38	76	106	100	69	53	101
Jornada 6	40	115	103	160	60	56	60
Promedio	53,8	128,7	90,3	169,2	50,2	70,5	61,5
SD	31,3	68,2	16,5	132,6	17,6	38,2	102,0
CV	58,2	53,0	18,2	78,4	35,0	54,2	165,8
Min	21	29	62	40	20	39	-90
Max	104	210	106	408	69	141	223

Nota: en la tabla se observa el registro de cada uno de las estaciones de análisis y jornada de muestreo, donde se observa el promedio, la desviación estándar (SD), coeficiente de variación (CV), mínimos y máximos. Modificado Autores, 2020.

Registro por jornada y estación de análisis del parámetro temperatura

	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5	Estación 6	Estación 7
Jornada 1	30,9	30,9	30,1	30,1	33,9	32	27,4
Jornada 2	27,2	26,3	26,6	27,7	26,6	27,7	26,3
Jornada 3	31,1	29,3	28,3	36	32,5	34	31
Jornada 4	30,2	32,2	29,6	31,5	30,3	31,2	28,2
Jornada 5	30,3	30	29,3	31,2	30,6	31,1	27,8
Jornada 6	30,7	28,9	28,1	32,4	30,7	33,7	27,6
Promedio	30,1	29,6	28,7	31,5	30,8	31,6	28,1
SD	1,45	2,00	1,27	2,74	2,47	2,28	1,58
CV	4,8	6,8	4,4	8,7	8,0	7,2	5,6
Min	27,2	26,3	26,6	27,7	26,6	27,7	26,3
Max	31,1	32,2	30,1	36	33,9	34	31

Nota: en la tabla se observa el registro de cada uno de las estaciones de análisis y jornada de muestreo, donde se observa el promedio, la desviación estándar (SD), coeficiente de variación (CV), mínimos y máximos. Modificado Autores, 2020.

Registro por jornada y estación de análisis del parámetro conductividad

	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5	Estación 6	Estación 7
Jornada 1	7,8	7,1	8,9	9,3	127,2	20,7	51
Jornada 2	6,2	9,3	3,04	152,3	39,6	342,2	58,4
Jornada 3	6,5	10,5	10,7	141,4	34,9	501	61,1
Jornada 4	6,8	7,2	7,7	24,7	17,5	59,6	27,5
Jornada 5	6,3	7,9	9,3	54,7	19,6	0,1	34,3
Jornada 6	6,5	9,9	11,1	148,8	28,01	580	38,9
Promedio	6,7	8,7	8,5	88,5	44,5	250,6	45,2
SD	0,6	1,4	2,9	66,3	41,4	257,6	13,7
CV	8,7	16,7	34,6	74,9	93,1	102,8	30,2
Min	6,2	7,1	3,04	9,3	17,5	0,1	27,5
Max	7,8	10,5	11,1	152,3	127,2	580	61,1

Nota: en la tabla se observa el registro de cada uno de las estaciones de análisis y jornada de muestreo, donde se observa el promedio, la desviación estándar (SD), coeficiente de variación (CV), mínimos y máximos. Modificado Autores, 2020.

Registro por jornada y estación de análisis del parámetro Sólidos Suspendidos Totales

	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5	Estación 6	Estación 7
Jornada 1	261	206	303	248	98	324	160
Jornada 2	79	78	79	163	105	94	56
Jornada 3	23	39	55	90	60	64	24
Jornada 4	23	19	16	22	26	29	42
Jornada 5	17	4	3	9	8	10	7
Jornada 6	23	11	28	40	25	29	39
Promedio	71,0	59,5	80,7	95,3	53,7	91,7	54,7
SD	95,91	76,55	112,32	93,60	40,78	117,71	54,25
CV	135,1	128,7	139,2	98,2	76,0	128,4	99,2
Min	17	4	3	9	8	10	7
Max	261	206	303	248	105	324	160

Nota: en la tabla se observa el registro de cada uno de las estaciones de análisis y jornada de muestreo, donde se observa el promedio, la desviación estándar (SD), coeficiente de variación (CV), mínimos y máximos. Modificado Autores, 2020.

Registro por jornada y estación de análisis del parámetro pH

	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5	Estación 6	Estación 7
Jornada 1	7,81	6,5	6,2	6,1	7,65	7	6,9
Jornada 2	7,8	6,09	6,34	7,44	6,71	7,43	6,82
Jornada 3	6,97	6,42	6,88	7,8	6,52	7,4	6,66
Jornada 4	5,72	5,72	6,93	5,66	5,61	6,13	5,61
Jornada 5	7	6,44	6,42	6,73	6,503	6,7	6,63
Jornada 6	6,165	4,965	5,282	7,063	5,707	7,448	5,856
Promedio	6,9	6,0	6,3	6,8	6,5	7,0	6,4
SD	0,85	0,60	0,60	0,81	0,74	0,53	0,54
CV	12,3	9,9	9,4	11,9	11,5	7,5	8,4
Min	5,72	4,965	5,282	5,66	5,61	6,13	5,61
Max	7,81	6,5	6,93	7,8	7,65	7,448	6,9

Nota: en la tabla se observa el registro de cada uno de las estaciones de análisis y jornada de muestreo, donde se observa el promedio, la desviación estándar (SD), coeficiente de variación (CV), mínimos y máximos. Modificado Autores, 2020.