

**EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA CONTAMINACIÓN GENERADA POR  
VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS EN EL TRAMO  
CONJUNTO RESIDENCIAL BARILOCHE- PARCELACIÓN QUINTAS DEL  
BOSQUE DE LA MICROCUENCA GARROCHAL SUB CUENCA DEL RIO SATE  
DE LA CIUDAD DE POPAYÁN-CAUCA**



**PRESENTADO POR: CARLOS MANUEL OSORIO MANZANO**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTONOMA DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y DESARROLLO SOSTENIBLE  
INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA  
2021**

**EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA CONTAMINACIÓN GENERADA POR  
VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS EN EL TRAMO  
CONJUNTO RESIDENCIAL BARILOCHE- PARCELACIÓN QUINTAS DEL  
BOSQUE DE LA MICROCUENCA GARROCHAL SUB CUENCA DEL RIO SATE  
DE LA CIUDAD DE POPAYÁN-CAUCA**



**PRESENTADO POR: CARLOS MANUEL OSORIO MANZANO**

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

**Director del proyecto**

**Biólogo ARNOL ARIAS HOYOS**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTONOMA DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y DESARROLLO SOSTENIBLE  
INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA  
2021**

## NOTA DE ACEPTACIÓN

Este trabajo titulado " evaluación ambiental de la contaminación generada por vertimientos de aguas residuales domesticas en el tramo conjunto residencial Bariloche-parcelación Quintas del Bosque de la microcuenca Garrochal sub cuenca del rio Sate de la ciudad de Popayán-Cauca", realizado por el estudiante Carlos Manuel Osorio Manzano, es aprobado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca para optar por el título profesional en Ingeniería Ambiental y Sanitaria.

---

Arnol Arias Hoyos  
Director  
Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria  
Corporación Universitaria Autónoma del Cauca

---

Luz Angela Venessa Trujillo Arzayus  
Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria  
Corporación Universitaria Autónoma del Cauca

---

Ronald Édinson Cerón  
Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria  
Corporación Universitaria Autónoma del Cauca

Popayán, Julio de 2021

## DEDICATORIA

Quiero dedicar este logro tan especial en mi vida a mi madre **SANDRA LUCIA MANZANO** por su constante esfuerzo, apoyo, entrega, amor, dedicación para ser la realizadora y promotora de cada una de mis metas y sueños, por el cual hoy estoy culminando una etapa que no solo fue gracias a mi esfuerzo académico, sino que es un logro obtenido por ambos, porque sin ella no hubiera sido posible alcanzar esta meta, fruto de cada uno de los apoyos financieros y morales que me permitieron superarme a mí mismo y poder obtener mi título como Ingeniero Ambiental y Sanitario.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco primero a Dios por permitirme culminar este proceso con mucha vida, salud y ganas de seguir adelante para cumplir con mis metas

A mi madre, quien con su amor me inculco valores que me enseñaron a enfrentar todas las dificultades que me ha presentado la vida y con ello me ha impulsado a seguir adelante y por haber sido afortunado de tener la oportunidad de prepararme a nivel profesional

A mi familia por estar siempre pendientes de mí en esta etapa y cada una de las etapas importantes para mi vida, por darme su cariño, ánimo, apoyo y verraquera para seguir adelante.

A los hermanos(as) que me dejo la carrera de ingeniería ambiental y sanitaria, con los cuales compartí innumerables buenos y malos momentos, en los cuales pudimos afrontar las dificultades , apoyándonos los unos a los otros y hoy por hoy lograr ser los ingenieros ambientales que desde el día 01 tuvimos visualizado con cumplir este objetivo de ser unos profesionales.

A mis amigos por hacer parte de este proceso, por su constante confianza, apoyo y buenos deseos para lograr culminar este proceso, sin duda alguna también fueron una parte fundamental para ayudarme a formar como persona y profesional.

A mi director, Arnol Arias Hoyos, por la paciencia, apoyo, y orientación que me brindo a lo largo de este proceso, sin su compromiso, análisis, responsabilidad, críticas constructivas, y exigencia no habría podido tener este resultado, gracias profe por todas tus enseñanzas a lo largo de la carrera y sobre todo en la finalización de este proceso.

A la ingeniera Alexandra Gómez, quien estuvo todo el tiempo pendiente de mi desempeño en mi proceso de pasantía en la Corporación Autónoma Regional Del Cauca, ya que fue una persona fundamental dentro de esta, porque me brindo gran parte de sus conocimientos, su tiempo, apoyo, enseñanzas, por su paciencia y demás que me permitieron tener una perspectiva del campo laboral como ingeniero y de la cual aprendí del campo laboral.

Y finalmente y no menos importante a mi supervisor y compañeros de la CRC, que me acogieron dentro de su equipo de trabajo y fueron participes de mi formación como ingeniero ambiental y sanitario en el desarrollo de mi pasantía en mi corta estadía, de los cuales me llevo las mejores enseñanzas y consejos.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	16
ABSTRACT.....	18
CAPITULO I: PROBLEMA.....	22
1.1. Planteamiento del problema.....	22
1.2. Justificación.....	24
1.3. Objetivos.....	26
1.3.1. Objetivo general.....	26
1.3.2. Objetivos específicos.....	26
CAPITULO II: MARCO TEORICO O REFERENTES CONCEPTUALES.....	27
2.1. Antecedentes.....	27
2.2. Bases teóricas.....	29
2.2.1. Aguas residuales.....	29
2.2.2. Importancia del tratamiento de las aguas residuales.....	29
2.2.3. Fuentes de contaminación antropogénica.....	29
2.2.4. Contaminantes en consideración en las aguas residuales.....	30
2.2.5. Análisis de calidad y contaminación de las fuentes hídricas.....	30
2.2.6. Modelo matemático Streeter and Phelps.....	31
2.3. Bases legales.....	31
3.1. FASE I: RECONOCIMIENTO DEL AREA DE ESTUDIO.....	33
3.1.1. Ubicación del área de estudio.....	33
3.1.2. Caracterización del área de estudio.....	34
3.1.3. Monitoreo del vertimiento de aguas residuales domesticas del tramo de estudio.....	37
3.2. FASE 2: DIAGNOSTICO DE LA CALIDAD HIDRICA.....	38
3.2.1. Calidad del agua.....	38
3.2.2. Estimación del índice de calidad de agua general "ICA".....	38
3.2.3. Implementación icatest v 1.0.....	40
3.3. FASE 3: DETERMINACIÓN DE PUNTOS CRITICOS DE CONTAMINACIÓN.....	41
3.3.1. Modelación de Streeter and Phelps.....	41
3.4. FASE 4: FORMULACIÓN DE MEDIDAS CONTINGENTES.....	44
3.4.1. Volante informativo referente al cuidado de las rondas de las fuentes hídricas.....	44

3.4.2. Instructivo para mejorar la calidad de los vertimientos.....	44
<b>CAPITULO IV: RESULTADOS Y ANALISIS.....</b>	<b>45</b>
4.1. Ubicación del área de estudio.....	45
4.2. USOS DE LA CAPA DEL SUELO EN LA ZONA DE ESTUDIO .....	46
4.3. CARACTERIZACIÓN FISICO QUIMICA DE LOS VERTIMIENTOS.....	48
4.3.1. Punto 1 conjunto residencial Bariloche.....	48
4.3.2. Punto 2 conjunto residencial Torres del Bosque .....	49
4.3.3. Punto 3 parcelación Quintas del Bosque .....	51
4.4. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LA QUEBRADA GARROCHAL.....	52
4.5. INDICE DE CALIDAD DE AGUA.....	56
4.6. CALIDAD DEL AGUA DE ACUERDO A ICATEST.....	57
4.6.1. Índice de contaminación por pH, "ICOpH" .....	57
4.6.2. Índice de contaminación por materia organica "ICOMO" .....	58
4.7. MODELACIÓN DE STREETER AND PHEELPS.....	61
4.8. VOLANTE INFORMATIVO (CUIDADO DE LAS RONDAS DE LAS FUENTE HIDRICAS).....	66
4.9. INSTRUCTIVO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LOS VERTIMIENTOS .....	70
<b>CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>71</b>
5.1. CONCLUSIONES.....	71
5.2. RECOMENDACIONES.....	72
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>79</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Documentos para agua .....	31
Tabla 2. Parámetros In Situ medidos en muestra compuesta del vertimiento .....	38
Tabla 3. Parámetros In Situ medidos en muestra puntual, aguas arriba y aguas abajo del vertimiento en la quebrada Garrochal. ....	38
Tabla 4. Subíndices para cada parámetro del “ICA” .....	39
Tabla 5. Parámetros In Situ en muestra compuesta del vertimiento y muestra puntual, aguas arriba y aguas abajo del vertimiento del conjunto Bariloche en la quebrada garrochal .....	48
Tabla 6. Parámetros In Situ en muestra compuesta del vertimiento y muestra puntual, aguas arriba y aguas abajo del vertimiento de torres del bosque en la quebrada garrochal .....	49
Tabla 7. Parámetros In Situ en muestra compuesta del vertimiento y muestra puntual, aguas arriba y aguas abajo del vertimiento en la quebrada garrochal ...	51
Tabla 8. Valores del “ICA” Del tramo de estudio.....	56
Tabla 9. Puntos (desoxigenación, crítico y re aireación acumulativa) correspondientes a los puntos de vertimiento (Conjunto residencial Bariloche, Conjunto residencial Torres del Bosque, Parcelación Quintas del Bosque) .....	62



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo general de la metodología Corine Land Cover (CLC). .....	35
Figura 2. Metodología De Streeter And Phelps. ....	42

## LISTA DE GRAFICAS

Grafica 1. Valores de los índices de contaminación por Ph, de los puntos de monitoreo (Conjunto Residencial Bariloche, Conjunto Residencial Torres del Bosque, Parcelación Quintas del Bosque) .....	58
Grafica 2. Oxígeno Disuelto Vs Distancia (Conjunto residencial Bariloche).....	63
Grafica 3. Oxígeno disuelto vs distancia (conjunto residencial Torres del Bosque) .....	64
Grafica 4. Oxígeno disuelto vs distancia (parcelación quintas del bosque) .....	65
Grafica 5. DB05 vs distancia (Conjunto residencial Bariloche, Conjunto Residencial Torres del Bosque, Parcelación Quintas del Bosque) .....	66

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Comparación parámetros físico químicos Bariloche vs normatividad...	52
Cuadro 2. Comparación parámetros físico químicos torres del bosque vs normatividad .....	54
Cuadro 3. Comparación parámetros físico químicos quintas del bosque vs normatividad .....	55

## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Vertimiento Conjunto Residencial Bariloche.....	49
Fotografía 2. Monitoreo Conjunto Residencial Bariloche.....	49
Fotografía 3. Vertimiento Torres del Bosque.....	51
Fotografía 4. Monitoreo Vertimiento Torres del Bosque. ....	51
Fotografía 5. Vertimiento Parcelación Quintas del Bosque.....	52
Fotografía 6. Monitoreo Vertimiento Parcelación Quintas del Bosque.....	52

## LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1. Restitución coloreada para los niveles 1, 2,3 de la nomenclatura Corine Land Cover adaptada a Colombia. ....	36
Imagen 2. Clasificación del "ICA" "propuesto por Brown" .....	40
Imagen 3. Significancia de los índices de contaminación ICOs. ....	41
Imagen 4. Determinación del déficit de oxígeno disuelto. ....	43
Imagen 5. Ubicación del área de estudio mediante ARCGIS 10.0.....	46
Imagen 6. Identificación de capas de usos del suelo mediante Corine Land Cover .....	47
Imagen 7. ICOMO "Conjunto residencial Bariloche" "Aguas Arriba y Aguas Abajo" .....	59
Imagen 8. ICOMO "Conjunto residencial Torres del Bosque" "Aguas Arriba y Aguas Abajo" .....	60
Imagen 9. ICOMO "Parcelación Quintas del Bosque" "Aguas Arriba y Aguas Abajo" .....	61
Imagen 10. Formación de gavión.....	68
Imagen 11. Formación de trinchos .....	69

## LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Índice de Brown 1 .....	39
Ecuación 2. índice de Brown 2 .....	39
Ecuación 3. índice de contaminación por pH .....	40
Ecuación 4. índice de contaminación por materia orgánica.....	41
Ecuación 5. Consumo de Oxígeno y capacidad de asimilación de contaminantes. .....	42
Ecuación 6. Carga de DBO en un río. ....	43
Ecuación 7. Balance de Oxígeno. ....	43

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Codificación de las unidades de coberturas de la tierra de acuerdo con la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia.....	79
Anexo 2. Continuación Codificación de las unidades de coberturas de la tierra de acuerdo con la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia. ....	80
Anexo 3. Conversión de Coordenadas geográficas a planas del Área de estudio	81
Anexo 4. Parámetros In Situ medidos en muestra compuesta del vertimiento del Conjunto Residencial Bariloche.....	82
Anexo 5. Parámetros In Situ medidos en muestra compuesta del vertimiento del Conjunto Residencial Torres del Bosque. ....	83
Anexo 6. Parámetros In Situ medidos en muestra compuesta del vertimiento de la parcelación Quintas del Bosque.....	84
Anexo 7. Reporte de resultados conjunto residencial Bariloche 1. ....	85
Anexo 8. Reporte de resultados conjunto residencial Bariloche 2. ....	86
Anexo 9. Reporte de resultados conjunto residencial Torres del Bosque 1. ....	87
Anexo 10. Reporte de resultados conjunto residencial Torres del Bosque 2. ....	88
Anexo 11. Reporte resultados parcelación Quintas del Bosque 1. ....	89
Anexo 12. Reporte resultados parcelación Quintas del Bosque 2. ....	90
Anexo 13. Hoja para el cálculo del “ICA” “Aguas arriba conjunto Bariloche” .....	91
Anexo 14. Hoja para el cálculo del “ICA” “Aguas abajo conjunto Bariloche” .....	91
Anexo 15. Hoja para el cálculo del “ICA” “Aguas arriba conjunto Torres del Bosque” .....	91
Anexo 16. Hoja para el cálculo del “ICA” “Aguas abajo conjunto Torres del Bosque” .....	92
Anexo 17. Hoja para el cálculo del “ICA” “Aguas arriba Parcelación Quintas del Bosque” .....	92
Anexo 18. Hoja para el cálculo del “ICA” “Aguas abajo Parcelación Quintas del Bosque” .....	92
Anexo 19. Índice de contaminación por pH, “conjunto residencial Bariloche’ “Aguas arriba y Aguas Abajo “ .....	93
Anexo 20. Índice de contaminación por pH, “conjunto residencial torres del bosque” “Aguas Arriba y Aguas Abajo” .....	94
Anexo 21. Índice de contaminación por pH, “Parcelación Quintas del Bosque” “Aguas Arriba y Aguas Abajo” .....	95
Anexo 22. Volante informativo cuidado de las rondas de las fuentes hídricas.....	96
Anexo 23. Instructivo para mejorar la calidad de los vertimientos .....	97
Anexo 24. Continuación instructivo para mejorar la calidad de los vertimientos ...	98
Anexo 25. Socialización Medidas Contingentes con la población del tramo de estudio .....	99

## LISTA DE MAPAS

Mapa 1. Georreferenciación área de estudio. ....	34
--	----



## RESUMEN

En Colombia las descargas de aguas residuales municipales son una de las problemáticas más críticas y que tienden a seguir creciendo debido al incremento poblacional de los centros urbanos en desarrollo, ya que esta situación se refleja en el aumento de las descargas de tipo doméstico y productivo, provocando el deterioro de la calidad de las fuentes hídricas del país, además según el Ministerio del medio ambiente Colombia descarga aproximadamente 700 toneladas de carga orgánica diarias proveniente del sector urbano a los cuerpos hídricos sin previo tratamiento.

[1]

En la ciudad de Popayán, departamento del Cauca, la quebrada Garrochal atraviesa el tramo comprendido entre el conjunto residencial Bariloche hasta la parcelación quinta del bosque. Actualmente, la quebrada Garrochal se está viendo afectada por actividades antrópicas del sector, en este caso vertimientos de agua residual doméstica, que están degradando sus propiedades biológicas y generando problemáticas como la proliferación de vectores y la aparición de malos olores.

Teniendo en cuenta lo anterior, el fin de este proyecto es evaluar la calidad que presenta la quebrada Garrochal en el tramo mencionado y poder generar alternativas de solución para la disminución de la problemática descrita con anterioridad, para lo cual se tuvo en cuenta la aplicación de la metodología de Corine Land Cover con la cual se realiza la identificación de capas del suelo y con ello poder conocer si la afectación está siendo generada por actividades del sector que no sea los vertimientos domésticos, además de la utilización de índices de calidad y contaminación con los cuales se puede determinar las condiciones que presenta la fuente hídrica y finalmente la implementación de modelos matemáticos como Streeter and phelps que permiten a partir de escenarios o simulaciones recreadas tomar decisiones para su buen manejo y planeación, además de involucrar planes de saneamiento para dar un manejo adecuado a las descargas de aguas residuales.

Por otra parte fue necesaria la recolección de la información de las coordenadas geográficas correspondientes a los puntos del tramo a estudiar para realizar un reconocimiento del área de estudio y posteriormente realizar el mapeo, además se reunió la información de los parámetros físico químicos de la quebrada y de las descargas de las aguas residuales domésticas de los conjuntos residenciales a analizar, considerando una longitud de 1.5 km abarcada en 3 puntos de muestreo (parte inicial, media y final) del tramo de estudio, los cuales fueron utilizados en cada una de las fases del estudio.

Posteriormente los resultados obtenidos se analizaron con el índice de calidad aplicado y los índices de contaminación (ICOMO, ICO pH), la normatividad empleada (resolución 0631 de 2015 y decreto 1594 de 1984) y finalmente se

ingresaron al modelo matemático para la determinación de sus puntos de desoxigenación, críticos y re aireación acumulativa. Los datos y simulaciones obtenidas a partir de su análisis, determinaron que la fuente hídrica se encuentra en malas condiciones, y necesita ser intervenida para mejorar su calidad, por lo que es necesario tomar acciones para disminuir la afectación generada y por ello se formularon (2) dos alternativas de solución como lo es generación de un volante informativo o capacitaciones a la comunidad del tramo de estudio para el cuidado de las rondas de las fuentes hídricas y un instructivo que les sirva de base para empezar a reducir la carga orgánica que está siendo vertida a la fuente hídrica desde sus hogares.

**Palabras clave:** Quebrada Garrochal, evaluación ambiental, aguas residuales, índices, contaminación hídrica, modelación, Streeter and phelps.

## ABSTRACT

In Colombia, the discharges of municipal wastewater are one of the most critical problems and tend to continue to grow due to the increase in the population of urban centers in development, since this situation is reflected in the increase in domestic and productive discharges, causing a deterioration in the quality of the country's water sources, In addition, according to the Ministry of the Environment, Colombia discharges approximately 700 tons of daily organic cargo from the urban sector to water bodies without prior treatment.

In the city of Popayán, department of Cauca, the Garrochal Ravine crosses the stretch between the residential complex Bariloche until the fifth parcelation of the forest. The Garrochal Gorge is currently being affected by anthropic activities in the sector, in this case discharges of domestic sewage, that are degrading their biological properties and generating problems such as the proliferation of vectors and the appearance of bad odors

In the light of the above, the purpose of this project is to assess the quality of the Garrochal ravine in the aforementioned section and to be able to generate alternative solutions to reduce the problems described above, for which account was taken of the application of the Corine Land Cover methodology by which the identification of soil layers is carried out and with this being able to know if the affectation is being generated by activities in the sector other than domestic dumping, in addition to the use of quality and pollution indices with which it is possible to determine the conditions presented by the water source and finally the implementation of mathematical models such as Streeter and Phelps that allow from scenarios or simulations recreated make decisions for good management and planning, in addition to involving sanitation plans to properly manage wastewater discharges.

On the other hand, it was necessary to collect the information from the geographical coordinates corresponding to the points of the stretch to be studied in order to carry out a survey of the study area and then carry out the mapping, In addition, information was collected on the physical chemical parameters of the ravine and the discharges of domestic sewage from the residential complexes to be analysed, considering a length of 1.5 km covered by 3 sampling points (initial, middle and final part) of the study segment, which were used at each stage of the study.

Subsequently, the results obtained were analyzed with the applied quality index and the contamination rates (ICOMO, ICO pH), the regulations used (resolution 0631 of 2015 and decree 1594 of 1984) and finally entered the mathematical model for the determination of their deoxygenation, critical and accumulative aeration points. The data and simulations obtained from its analysis, determined that the water source is in poor condition, and needs to be intervened to improve its quality, so it is necessary to take actions to reduce the affectation generated and therefore were formulated (2) two alternative solutions such as the generation of an informative flyer or trainings

to the community of the study section for the care of the rounds of water sources and an instructive that will serve as a basis to begin to reduce the organic load that is being poured into the water source from their homes.

**Keywords:** Garrochal ravine, environmental assessment, wastewater, indices, water pollution, modeling, Streeter and Phelps.

## INTRODUCCIÓN

El deterioro de las condiciones iniciales del agua producto de actividades antrópicas genera un cambio en su calidad provocando riesgos para la salud pública, la seguridad alimentaria y otros servicios y funciones de los ecosistemas. Las aguas residuales domésticas sin tratamiento alguno contienen patógenos, productos orgánicos y nutrientes, mientras que las aguas residuales de fábricas y otros establecimientos además de la carga orgánica también pueden contener una variedad de sustancias peligrosas, incluidos metales pesados. Las aguas residuales no tratadas generan afectaciones en el medio ambiente, provocan epidemias y dañan los ecosistemas terrestres y acuáticos [2].

Según diferentes organizaciones internacionales (OMS, UNICEF, ONGs) han estimado que el 90% de todas las aguas residuales generadas en los países en desarrollo se vierten sin tratar directamente en ríos, lagos u océanos, tales descargas son las causantes en la aparición de zonas muertas o desoxigenadas causando la muerte de las especies acuáticas (flora y fauna), además el clima también se ha visto afectado por las emisiones de metano relacionadas con las aguas residuales, este gas tan poderoso que causa el calentamiento global y otro que es el óxido nitroso, los cuales podrían aumentar un 50% y un 25% respectivamente entre los años 1990 y 2020 [3].

En Colombia, el control de la contaminación de los recursos hídricos se ha impulsado mediante la implementación de estrategias de tipo normativo, como tasas o impuestos bajo el término " el que contamina paga" (tasas retributivas) y el control y depuración de las aguas residuales en sistemas de tratamiento (PTAR), mediante acciones denominadas "al final del tubo". Los requerimientos planteados de descontaminación no están orientados hacia el uso eficiente y racional del agua y los objetivos de tratamiento, además de la exigencia de remoción de carga contaminante de manera estándar a los usuarios, aunque el aporte que estos realicen es bajo, estas medidas no han generado gran efectividad a pesar de las elevadas inversiones. Los logros con respecto a la reducción de cargas contaminantes vertidas a las fuentes hídricas son del 26% correspondiente a la  $DBO_5$  y 27% para los SST, lo cual muestra una parte mínima en el cumplimiento de las metas de descontaminación. Por otra parte en la contaminación no puntual, la situación se encuentra en un estado aún más crítico, debido a que no se ha reconocido su importancia a nivel de las políticas y la normatividad relacionada con el manejo del recurso hídrico en Colombia [4].

El departamento del Cauca no es ajeno a esta problemática ya que la mayoría de los municipios del departamento cuentan con sistema de alcantarillado combinado que vierten directamente las aguas servidas en ríos, quebradas y riachuelos que las circundan [5]. Estas fuentes hídricas hoy en día presenta un índice alto de

contaminación ocasionado por la mala disposición de las aguas residuales, lo cual está generando afectaciones en la salud de la población de los sectores aledaños a las fuentes hídricas y afectan a la población en general de los municipios. Un claro ejemplo es la ciudad de Popayán que no cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales razón por la cual , las fuentes hídricas que atraviesan la ciudad como el rio molino, rio ejido, la quebrada Garrochal, entre otros, reciben la descarga de aguas residuales como es el caso de la quebrada Garrochal que está ubicada al norte de la ciudad de Popayán y que ha venido presentando afectaciones debido al alto crecimiento demográfico en el sector , lo cual está provocando una alteración en su calidad de agua. [6].

Este documento permite identificar de manera directa esta problemática y además se puede observar las alternativas de solución las cuales se podrán identificar más adelante, el proyecto presenta el planteamiento del problema, objetivo general (Evaluar el grado de contaminación generado por los vertimientos de aguas residuales domesticas sobre la quebrada Garrochal perteneciente a la sub cuenca Rio Sate en el Tramo Conjunto Residencial Bariloche- Parcelación Quintas del Bosque de la ciudad de Popayán- Cauca) y específicos , un marco teórico, conceptual que permite contextualizar la literatura respecto al tema, marco normativo que incluye las normatividad en consideración o referente al tema de estudio, descripción de la metodología empleada (compuesta por 4 fases) que mencionan el paso a paso de las actividades realizadas , la descripción de los resultados obtenidos para cada uno de los objetivos planteados (general y específicos) también se incluyen las conclusiones, y recomendaciones generadas a partir del desarrollo del proyecto.

## CAPITULO I: PROBLEMA

### 1.1. Planteamiento del problema

El agua es un recurso hídrico invaluable debido a sus diferentes funcionalidades para satisfacer las necesidades de la especie humana y el sostenimiento en general de los seres vivos. La contaminación hídrica en gran parte se ha generado por vertimientos de aguas residuales, provocando una disminución en su calidad. De esta manera, este deterioro provoca enfermedades y alteraciones en los seres vivos que se abastecen de este recurso [7].

En Colombia el 76,6 % [8] de la población cuentan con el servicio de alcantarillado y solo el 48,2% [9] de los municipios tienen sistemas de tratamiento de aguas residuales. Como consecuencia de lo anterior, la población restante se ha visto en la necesidad de depositar sus aguas residuales en el agua y suelo, hechos que generan paulatinamente una afectación directa a las condiciones eco sistémicas de estos recursos; todo esto referido a la inadecuada disposición de los vertimientos generados por actividades (domesticas, institucionales e industriales) [10].

La ciudad de Popayán no cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales, por tal motivo dichas aguas son conducidas una parte al sistema de alcantarillado municipal que finalmente son vertidas a las fuentes hídricas de la ciudad y otra, al suelo o en su defecto directamente a fuentes hídricas cercanas. De acuerdo al POT [11], la densidad poblacional ha tenido un aumento especialmente en la transversal 9 norte vía al bosque, que agrupa algunos de los siguientes conjuntos: Brisas del bosque, Bariloche, Acuarelas del bosque, Torres del bosque, Monserrat, Monte Lugano, Quintas del bosque. Este sector tiene una población de aproximadamente 2000 personas [8], [12] y cuenta con sistema de alcantarillado; la quebrada Garrochal cuya ubicación se encuentra en el margen izquierdo de la vía al bosque en dirección Oriente-Occidente con la cual colindan algunos conjuntos residenciales, los cuales depositan a dicha fuente hídrica sus aguas residuales, debido a la topografía del lugar cuyas cotas no permiten la conexión a dicho sistema. Se presume que esta mala disposición del agua residual domestica está ocasionando una alteración en las condiciones físico químicas y biológicas en la fuente hídrica en mención, y finalmente al rio Sate en el cual desemboca la quebrada del tramo de estudio. Además, es importante considerar la cercanía de la fuente hídrica con las viviendas, debido a la incidencia de vectores, proliferación de olores ofensivos, y a la construcción de viviendas en lotes ubicados en el sector colindante con el barrio villa del viento, que actualmente se encuentran vacíos. En razón a lo anterior, se podría presentar afectación por la descarga de sus aguas residuales domésticas y por consiguiente la población en mención no solo por la alteración en la calidad de esta agua, sino también por la proliferación de vectores causantes de enfermedades de relacionadas con el recurso hídrico tales como

hepatitis A, enfermedad diarreica aguda EDA, enfermedades transmitidas por alimentos ETA y fiebre tifoidea y paratifoidea [13], [14] .

Por lo expuesto anteriormente es importante evaluar el estado de modificación o degradación de la quebrada Garrochal y de esta forma poder formular medidas contingentes o alternativas de solución que beneficien no solo directamente a la calidad del recurso hídrico si no a la población aledaña al área de estudio que se está viendo afectada por las condiciones actuales de la fuente hídrica.



## 1.2. Justificación

En el transcurso del tiempo, la ciudad de Popayán de manera similar a nuestro país, ha venido presentando un incremento en la complejidad de procesos como: generación, control, monitoreo y tratamiento de vertimientos de aguas residuales domésticas, esto debido al crecimiento poblacional que se ha generado en la ciudad, pasando de tener una población de 258.653 habitantes en el año 2005 a 318.059 habitantes en el año 2018 [15] y a la alta demanda del recurso hídrico, la zona de estudio es una evidencia clara de la problemática mencionada anteriormente, ya que es una de las áreas de mayor expansión urbana en los últimos tiempos presentando una de las mayores concentraciones de personas en la ciudad, zona perteneciente a la comuna 2, específicamente la parte posterior de la transversal 9 norte de la vía al bosque dirección oriente-occidente en la cual se encuentran los conjuntos generadores del vertimiento a la quebrada Garrochal. Así mismo se ve involucrada la parte posterior del barrio villa del viento, el cual presenta una gran cantidad de lotes, que por su ubicación y cercanía a la fuente hídrica podría presentar en un futuro no muy lejano, la construcción de barrios y/o conjuntos residenciales lo cual generaría la descarga directa de vertimientos de agua residual doméstica a dicha quebrada; situación que además ha despertado gran preocupación a los habitantes de esta zona ya que podrían incrementarse los problemas sanitarios al tener otras descargas en el mismo sector, lo que produciría mayores afectaciones en su salud y una degradación aún mayor de la calidad de la quebrada [16].

Por lo expuesto anteriormente, es de suma importancia para el municipio de Popayán, en cabeza de la Corporación Autónoma Regional del Cauca CRC realizar un trabajo de apoyo en la territorial centro referente a las acciones que se requieren ejecutar para reducir la carga contaminante de los vertimientos líquidos generados tanto en el sector de estudio como en los diferentes ríos, arroyos y quebradas que atraviesan la ciudad. Por lo tanto, la CRC mediante diversas caracterizaciones y diagnósticos de las diferentes microcuencas que se están viendo afectadas por las descargas de vertimientos de tipo doméstico e industrial busca proteger a los ecosistemas terrestres y acuáticos de los efectos nocivos que provocan dichas descargas y que no presentan ningún tipo de tratamiento al desembocar a las distintas fuentes hídricas, y de la misma forma resguardar la salud de aproximadamente 2000 personas que se verían afectadas por dicha problemática en el área de estudio.

Por consiguiente, este estudio sirvió para evaluar la calidad del agua de la quebrada (Garrochal) en el tramo evaluado, mediante un análisis y caracterización de las aguas del punto de descarga de agua residual doméstica de los conjuntos Bariloche, Torres del Bosque y la Parcelación Quintas del bosque, la simulación y determinación del déficit de oxígeno disuelto que presenta el tramo de estudio de la quebrada Garrochal y de esta forma proyectar su proceso de recuperación; así

mismo formular acciones de protección y vigilancia del recurso hídrico impactado que permitirían mitigar, controlar y prevenir afectaciones que puedan incrementarse en un corto, mediano y largo plazo referente a los vertimientos líquidos generados en el sector en mención , además que conllevarían a efectuar un control a las actividades realizadas por las comunidades.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Evaluar el grado de contaminación generado por los vertimientos de aguas residuales domesticas sobre la quebrada Garrochal perteneciente a la sub cuenca Rio Sate en el Tramo Conjunto Residencial Bariloche-Parcelación Quintas del Bosque de la ciudad de Popayán- Cauca.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Caracterizar y analizar la calidad del agua de los puntos de descarga del Tramo Conjunto Residencial Bariloche- Parcelación Quintas del Bosque de la quebrada Garrochal de la ciudad de Popayán- Cauca.
- Determinar los puntos críticos, puntos de desoxigenación y puntos de re aireación acumulativa para encontrar el déficit de oxígeno disuelto en el tramo de estudio
- Formular medidas contingentes para el control y disminución de carga contaminante en el tramo de estudio

## CAPITULO II: MARCO TEORICO O REFERENTES CONCEPTUALES

### 2.1. Antecedentes

Para el desarrollo de gran parte de las actividades cotidianas se hace indispensable la utilización del recurso hídrico, lo que conlleva a que se genere aguas residuales; por tal motivo si existe una demanda muy alta de agua a nivel mundial, tanto el volumen de aguas residuales como su nivel de contaminación también irá en aumento [17]. Referido a lo anterior, se tuvieron en cuenta los siguientes estudios para evaluar y analizar esta problemática, los cuales se muestran a continuación:

- En el año 2017, se realizó un estudio en el río Portoviejo en Manabí – Ecuador, que tenía como fin realizar un estudio de impacto ambiental generado por el vertimiento de aguas residuales sobre este recurso hídrico. Para esto se tomó como base la variación de la concentración del oxígeno disuelto con respecto a la distancia del punto de vertimiento de cada residual e identificar cuáles de estos vertimientos impacta en la calidad del agua, con el cual se obtuvo como resultado que 20 puntos de descarga a lo largo de su trayectoria están disminuyendo la calidad del agua del río Portoviejo, específicamente la sección C donde los resultados muestran los valores más bajos de la concentración de oxígeno disuelto provocando que este reduzca la capacidad de asimilar carga contaminante y de restituir su calidad de forma natural [18].
- En el año 2016, se hizo un estudio en los municipios de Herveo, Casabianca, Palocabildo, Falan y Fresno pertenecientes al departamento del Tolima, que tuvo como finalidad realizar la evaluación y diagnóstico de la situación actual del manejo de vertimientos de dichos municipios, para llevarlo a cabo se aplicó un modelo matemático en una longitud aproximada de 12 km en el río Portoviejo, la aplicación de un GPS y técnicas basadas en la geometría fractal y el tratamiento de imágenes, el cual permitió identificar que ninguno de los municipios cumple con los valores máximos permisibles establecidos en la resolución 0631 de 2015 como  $DBO_5$  y SST, debido a la ausencia de sistemas de tratamiento de agua residual o a su inhabilitado funcionamiento [19].
- En el año 2017 se realizó un estudio en el río Sinú en la ciudad de Montería, Córdoba el cual consistió en realizar el cálculo de las tasas de desoxigenación y re aireación para esta fuente hídrica. Para poder llevarlo a cabo primero se debían definir las tasas anteriormente mencionadas y para

ello se empleó el modelo de Streeter y Phelps, en el cual se tomaron datos históricos de 8 años de seguimiento (2000 a 2007) de DBO, Nitrógeno Total, Oxígeno disuelto, Temperatura y Caudal, además se validó con datos tomados desde 2008 a 2014 en 10 estaciones ubicadas a lo largo de la corriente del río, con lo cual se obtuvo como resultado que el río Sinú presenta características de corrientes con niveles bajos de contaminación por materia orgánica y con una alta capacidad de auto purificación [20].

- En el año 2018, se realizó un estudio en Caño Grande, localizado en Villavicencio- Meta que tenía la finalidad de realizar la evaluación del impacto por vertimientos de aguas residuales domésticas, mediante la aplicación del índice de contaminación (ICOMO). Esto se realizó mediante la aplicación del índice de contaminación ICOMO en un tramo de 4.9 km. Realizando la estimación de las cargas contaminantes por materia orgánica, identificación in situ de los vertimientos (legales o ilegales) y se analizó el comportamiento multitemporal del índice de contaminación, en comparación a información secundaria, con lo que se obtuvo como resultado que Caño Grande presenta actualmente un índice de contaminación por materia orgánica ICOMO promedio de 0.48 en la zona de estudio, mostrando un grado de afectación medio, concluyendo que los resultados obtenidos, señalan un deterioro en la calidad de las aguas de la microcuenca, relacionado con la materia orgánica aportada por los vertimientos domésticos directos, toda vez que la carga microbiana aumenta a medida que los vertimientos se concentran, confirmando así la hipótesis formulada [21].
- En el año 2017, se llevó a cabo un estudio en el Río Molino específicamente en el área urbana de la ciudad de Popayán-Cauca, mediante la realización de una modelación de la calidad del agua de dicha fuente hídrica. Para realizar la modelación de calidad de agua del río molino se empleó los modelos Qual2kw y Streeter & Phelps en el área urbana de la ciudad de Popayán-Cauca, se obtuvo que con la aplicación de los modelos Qual2kw y Streeter & Phelps temporalmente se determinó que la calidad del agua del río Molino aguas abajo después del Km 6 se encuentra en condiciones por debajo de lo exigido en la normatividad reafirmando la necesidad y pertinencia que se adelanten procesos de Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCH), para recuperar la calidad de esta [22].

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Aguas residuales**

Se definen como las aguas provenientes del sistema de abastecimiento de aguas de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias. Las aguas residuales contienen materia orgánica como inorgánica, y los microorganismos desempeñan un papel especialmente importante eliminando los compuestos orgánicos. De acuerdo con su origen las aguas residuales pueden clasificarse como: domésticas, industriales, infiltración y caudales adicionales y pluviales [23].

#### **Importancia del tratamiento de las aguas residuales**

El agua es un recurso necesario para el desarrollo de cualquier actividad, ya sea de tipo industrial, agrícola y urbana, y su utilización está relacionado netamente con el crecimiento económico y social del país. Una de las problemáticas ambientales de mayor gravedad es la contaminación del agua a lo cual la naturaleza y el ser humano se enfrentan actualmente. Cada día se vierte a los ríos y lagos toneladas de desechos en forma de basura o como agua residual, ocasionando la contaminación de los cuerpos de agua que en algún momento fueron de agua cristalina natural [23].

La contaminación ocasionada por las descargas de origen doméstico e industrial, la deforestación y los cambios del uso del suelo, están generando una reducción notable en la disponibilidad de agua utilizable en el país. El riesgo ecológico que presentan estos vertidos de aguas residuales ha impulsado la búsqueda de alternativas para su tratamiento y disposición final. En la formulación, planeación y diseño de un sistema de tratamiento se pueden centrar objetivos diferentes, teniendo en cuenta la disponibilidad de recursos económicos y técnicos, así como los criterios estipulados para descarga de efluentes o eficiencias mínimas. Uno de sus objetivos principales es: Proteger la Salud Pública y el Medio Ambiente, al igual que el generar una reutilización o reúso del agua tratada, además es de considerar que las aguas de desecho dispuestas en una corriente superficial (lagos, ríos, mar) sin ningún tratamiento, ocasionan graves inconvenientes de contaminación que afectan la flora y la fauna [24]. La contaminación que se genera de tipo doméstico se puede visualizar con más claridad en el tramo de estudio ya que las zonas residenciales aledañas arrojan sus aguas residuales domésticas a la fuente hídrica sin un previo tratamiento generando una degradación y pérdida de las condiciones organolépticas de esta microcuenca [25].

### **2.2.2. Fuentes de contaminación antropogénica**

Las fuentes de contaminación de forma antropogénica están directamente relacionados a las afectaciones generadas en la calidad de las fuentes de agua y son categorizados en dos tipos: puntuales y no puntuales.

Las puntuales nos refieren a las fuentes de contaminación que se caracterizan por descargas únicas o discretas, en las que los contaminantes se vuelcan desde una

única área geográfica aislada o confinada. Dentro de estas fuentes puntuales se encontramos las siguientes: Descargas de efluentes domésticos, descargas de efluentes industriales, operaciones con residuos peligrosos, drenaje en minas, derrames y descargas accidentales.

Las no puntuales involucran fuentes de contaminación difusas y comprenden actividades que comprenden un área mayor, que pueden generar la contaminación general del agua subterránea, motivo por el cual son más difíciles de controlar que las fuentes puntuales. Las fuentes no puntuales están clasificadas en las provenientes de: la agricultura y la ganadería, del drenaje urbano, de la explotación del suelo, de los rellenos sanitarios, de la deposición atmosférica y de distintas actividades recreativas [26].

### **2.2.3. Contaminantes en consideración en las aguas residuales**

En las aguas residuales los contaminantes que más se consideran son (Sólidos en suspensión, Patógenos, Materia orgánica biodegradable, Nutrientes). Los contaminantes anteriormente mencionados se tienen en cuenta debido a los efectos que generan en el recurso hídrico, ya que cada uno de ellos al ser vertidos genera un deterioro en calidad del mismo y en sus condiciones organolépticas [27].

En el caso de las aguas residuales que se generan en los hogares, se tiene en cuenta que su carga orgánica es mayor y que su percepción es notoria en el transcurso de su descomposición por la aparición de malos olores al generarse la descarga líquida directa sobre la fuente hídrica, además la combinación de detergentes, grasas, aceites, residuos sanitarios, y vectores que se generan en el sector por las mismas condiciones del agua [27].

### **2.2.4. Análisis de calidad y contaminación de las fuentes hídricas**

Es importante tener en cuenta que tanto los impactos ambientales como la contaminación del agua se pueden analizar mediante evaluaciones ambientales o de impacto ambiental en los cuales se utiliza los índices de calidad como el índice utilizado en el estudio llamado el índice general de la calidad del agua "ICA" que nos agrupa gran variedad de parámetros físico químicos para determinar el estado actual que presenta una fuente hídrica, también se tienen los índices de contaminación que están clasificados en 5, como el índice de contaminación por mineralización (ICOMI), índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO), índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS), índice de contaminación trófico (ICOTRO), índice de contaminación por pH (ICOpH) se les denomina así debido a que estudian parámetros físico químicos específicos para determinar el grado de contaminación, en el caso del proyecto se utilizaron ICOMO y ICOpH, debido a los parámetros físico químicos que se iban a manejar, por otra parte también se implementan matrices de evaluación o de impacto ambiental, y entre otras herramientas para determinar la calidad del recurso hídrico, además estas evaluaciones ambientales dan a conocer el estado de los componentes del entorno, posibilitando la planificación de las acciones a realizar a fin de mantener o mejorar las características del medio ambiente y adicionalmente se utilizan como instrumentos preventivos de gestión que permite que las políticas ambientales puedan ser aplicadas en el proceso de desarrollo y de toma de decisiones. Por

ende, evalúa y corrige las acciones humanas y evita, mitiga o compensa sus eventuales impactos ambientales negativos. [28], [29].

### 2.2.5. Modelo matemático Streeter and Phelps

Para analizar la calidad de las aguas residuales generadas por una descarga a una fuente hídrica, una herramienta a implementar es el uso de modelaciones hidráulicas utilizando modelos matemáticos, como el modelo de Streeter and Phelps debido a que predice los cambios en el déficit de oxígeno como una función de la DBO ejercida y de la re aireación de la corriente, generando variaciones de flujo y efectos en el vertido de las aguas residuales, lo cual está identificado en cuatro zonas de influencia (degradación, descomposición activa, recuperación y de agua limpia) [30].

En adición a lo anterior para ejecutar una modelación se debe realizar inicialmente muestreos manuales, teniendo en cuenta que sean sitios de fácil acceso y que puedan facilitar la toma de la muestra o automáticos en los cuales se dificulta la accesibilidad al sitio y además se puede optar por estos ya que son más precisos en la toma de muestras. Es importante tener en cuenta que estas muestras están clasificadas en 3 tipos como simples o puntuales, compuestas y muestra integrada las cuales se realizan conforme a especificaciones de cada una de ellas como lo son (intervalos y periodos, variaciones en su composición, parámetros físico químicos, tipo de actividad del sector) [31].

## 2.3. Bases legales

A continuación, se muestran las siguientes disposiciones reglamentarias (resoluciones, leyes y decretos) que rigen los vertimientos.

*Tabla 1. Normatividad relacionada con el recurso hídrico*

<b>NORMATIVIDAD</b>	<b>AÑO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Resolución 1074 de 1997	1997	Se establecen estándares ambientales en materia de vertimientos
Resolución 1558 de 1998	1998	Adopta de conformidad con las disposiciones legales vigentes en materia de vertimientos
Resolución 2650 de 2006		Adopta la aplicación de la tarifa mínima establecida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial -MAVDT- para el cobro de la tasa retributiva por vertimientos puntuales mediante la Resolución 372 de 1998 o las demás Resoluciones que la modifiquen o la sustituyan.



Resolución 3956 de 2009	2009	Establece la norma técnica , para el control y manejo de los vertimientos realizados al recurso hídrico en el perímetro del Distrito Capital; fija los índices, factores, concentraciones o estándares máximos para su vertido
Decreto 4728 de 2010	2010	Modifica parcialmente el Decreto 3930 de 2010, en lo que hace relación a los vertimientos de residuos en aguas superficiales, subterráneas, interiores y marinas en el territorio nacional, ordena al Ministerio de ambiente fijar los parámetros y los límites máximos permisibles de los vertimientos a las aguas superficiales, marinas, a los sistemas de alcantarillado público y al suelo. Así mismo expedirá el protocolo para el monitoreo de los vertimientos.
Decreto único reglamentario 1076 de 2015	2015	Compila las disposiciones reglamentarias del sector ambiente. Señala la obligatoriedad del permiso de vertimiento para el proceso de aprovechamiento de aguas.
Resolución 631 de 2015	2015	Establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles que deberán cumplir quienes realizan vertimientos puntuales a los cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público.
Decreto 2245 de 2017	2017	"Por el cual se reglamenta el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 y se adiciona una sección al Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible", en lo relacionado con el acotamiento de rondas hídricas [32].
Resolución 957 de 2018	2018	"Por la cual se adopta la Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia y se dictan otras disposiciones" [33].

Fuente: Vertimientos Aguas Residuales [34].

## **CAPITULO III: METODOLOGIA**

El desarrollo del presente se trabajó mediante una metodología mixta, con un diseño no experimental y de tipo descriptivo-explicativo en la cual se plantearon 4 fases que permitieron lograr el cumplimiento de los objetivos propuestos en el proyecto.

### **3.1. FASE I: RECONOCIMIENTO DEL AREA DE ESTUDIO**

#### **3.1.1. Ubicación del área de estudio**

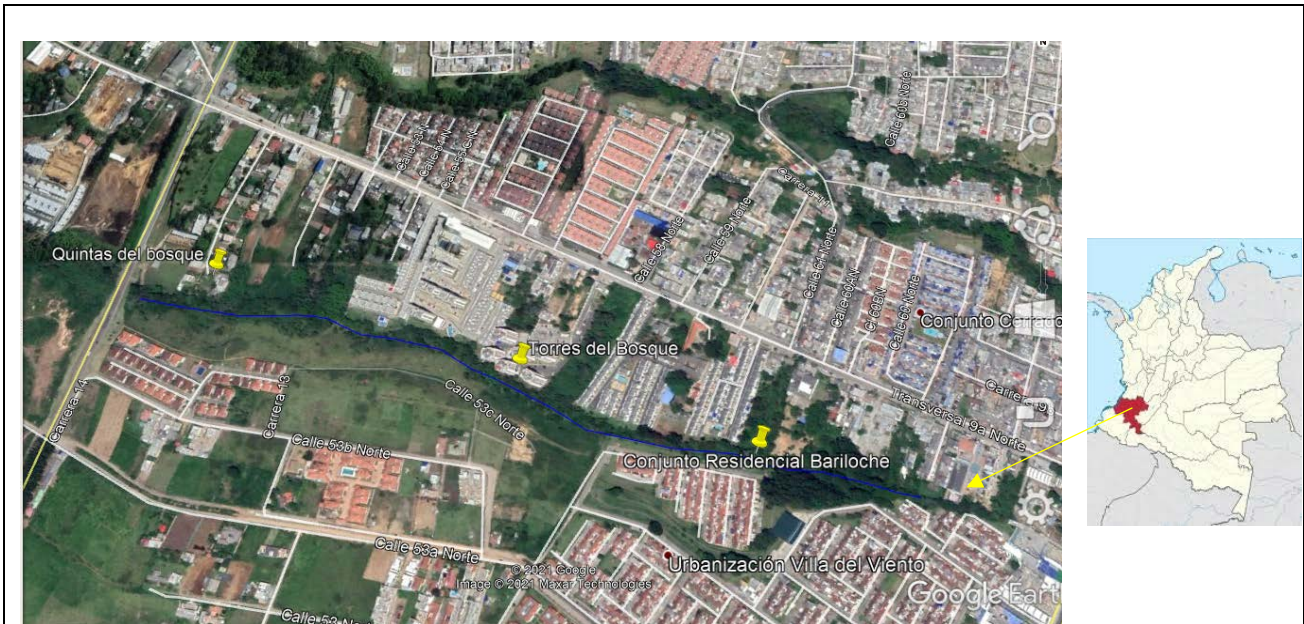
Popayán, es un municipio colombiano, capital del departamento del Cauca. Se encuentra localizado en el Valle de Pubenza, entre la Cordillera Occidental y Central al suroccidente del país. Su extensión territorial es de 512 km<sup>2</sup>, su altitud media es de 1760 m sobre el nivel del mar, su precipitación media anual de 1941 mm, su temperatura promedio de 14/19 °C y distancia aproximada de 600 km a Bogotá, capital de Colombia [35].

La ciudad es atravesada por el Río Cauca, por más de 10 km de urbe alcanzando a tener 40 m de ancho en promedio. El río sale de Popayán entre las loma de San Rafael y la Loma Larga hasta alcanzar la población de Río Hondo donde recibe por el lado izquierdo al afluente homónimo poco antes de recibir los ríos Palacé (costado derecho) y Sucio (lado izquierdo).

También entran en la ciudad los ríos Molino, Piedras, Vinagre, Negro, Ejido, Blanco, Hondo, Saté, Palacé Clarete y PISOJÉ, además de cerca de 50 quebradas [35].

La microcuenca de la quebrada Garrochal se ubica al nor-occidente de la Ciudad de Popayán, hacia donde se proyecta el desarrollo residencial incrementándose así los asentamientos humanos en el sector y cambiando de manera brusca el ecosistema existente. La quebrada Garrochal atraviesa parte de la meseta de Popayán de norte a sur por el costado occidental de la Ciudad, haciendo un recorrido de 7 Km, con cotas que varían desde los 1830 a 1790 msnm desde el nacimiento hasta la desembocadura [11].

Mapa 1. Georreferenciación área de estudio.



FUENTE: Propia

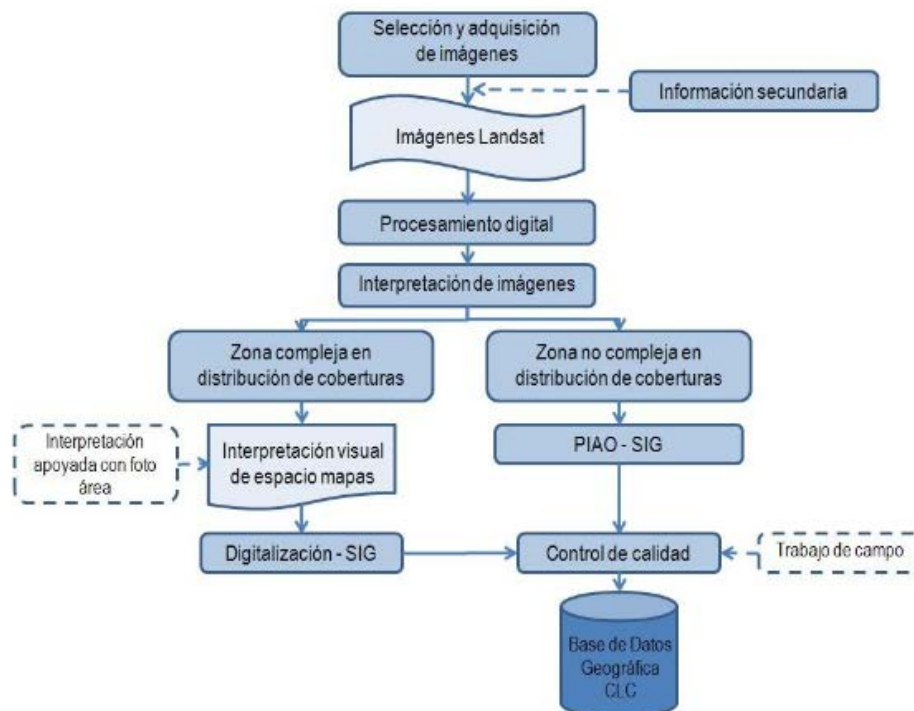
### 3.1.2. Caracterización del área de estudio

Se realizó recorrido por la quebrada Garrochal en el cual se seleccionó los puntos a trabajar y se eligió el tramo conjunto residencial Bariloche hasta la parcelación Quintas del bosque, que comprendió 3 zonas residenciales (conjunto residencial Bariloche, Torres del bosque y parcelación Quintas del bosque) , dichos puntos fueron seleccionados teniendo en cuenta la ubicación de los puntos (un punto al inicio del tramo, intermedio y al final del tramo) por lo que se buscaba tener 3 puntos estratégicos ubicados a una misma distancia para este caso, cada uno se encontraba a 0,5 km del otro punto, la disponibilidad de presupuesto para el análisis de muestras de calidad de agua , la aplicación de un modelo matemático como el de Streeter and Phelps, debido a que al tratarse de una quebrada que no presenta un caudal tan grande, y que el modelo no necesita gran cantidad de parámetros físico químicos para poder ser ejecutado, en comparación con otros modelos matemáticos ,este modelo sirvió como herramienta para poder dar un análisis más completo del grado de contaminación de la fuente hídrica, a la vez de una idea más certera de la contaminación que se está generando en este sector de la quebrada Garrochal tomando como referencia, además que es una zona con un crecimiento demográfico constante en los últimos años , y aunque no se cuenta con datos concretos del área referente a su crecimiento, se puede tomar como base las proyecciones del DANE de la población en Popayán entre el año 2010 y 2020 el cual tuvo un incremento en aproximadamente 23.000 personas y adicional a lo anterior, se observa una descarga directa de aguas residuales domesticas a la quebrada en estudio [8].

Mediante la aplicación del dispositivo móvil denominada Coordenadas, la cual arroja la ubicación exacta con datos como elevación sobre el nivel del mar, georreferenciación (grados ,minutos y segundos), se procedió a tomar las coordenadas en los 3 puntos seleccionados, en el que se obtuvieron 2 coordenadas adicionales por punto, ya que cada descarga de agua residual domestica lleva consigo las coordenadas aguas arriba y aguas abajo del vertimiento, además de esto se convirtieron las coordenadas obtenidas que se encontraban en sistema de coordenadas planas (minutos, grados y segundos) a hexadecimal o geográficas (latitud y longitud), y posterior a ello utilizó del programa Excel para ser importado como Shapefile y ser proyectado a un sistema de información geográfico Arcgis; esto con el fin de realizar el mapa referido a la ubicación del área de estudio. Por otra parte para la elaboración del mapa generado en Arcgis 10.0 se importaron los 9 puntos con información de los muestreos generados para ser la base de una futura investigación en otros proyectos relacionados.

Posteriormente se elaboró un mapa aplicando la metodología de CORINE LAND COVER del IDEAM (Figura No.1) para poder identificar el uso de capas que presenta el área de estudio (Ver Anexo 1,2) y con las que se determinó la incidencia que presentaron en el tramo de estudio de la quebrada Garrochal.

Figura 1. Modelo general de la metodología Corine Land Cover (CLC).



Fuente: Melo y Camacho, 2005, en Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena-Cauca, Metodología Corine Land Cover Adaptada para Colombia, escala 1:100.000, IDEAM, IGAC, CORMAGDALENA (2007) [36].

La imagen que se presenta a continuación hace relación a la restitución coloreada de los niveles empleados en la metodología de Corine Land Cover, para la identificación de uso de capas del suelo en el tramo de estudio de la quebrada Garrochal.

*Imagen 1. Restitución coloreada para los niveles 1, 2,3 de la nomenclatura Corine Land Cover adaptada a Colombia.*

NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	CODIGO	RGB
Superficies artificiales	Zonas urbanas	Tejido urbano continuo	111	230-000-077
		Tejido urbano discontinuo	112	255-000-000
	Zonas industriales, comerciales y de transporte	Zonas industriales o comerciales	121	204-077-242
		Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados	122	204-000-000
		Zonas portuarias	123	230-204-204
		Aeropuertos	124	230-204-230
	Zonas de extracción minera, vertederos y de construcción	Zonas de extracción minera	131	166-000-204
		Escombreras y vertederos	132	166-077-000
		Zonas en construcción	133	255-077-255
	Zonas verdes artificiales, no agrícolas	Zonas verdes urbanas	141	255-166-255
Instalaciones deportivas y recreativas		142	255-230-255	
Zona agrícolas	Tierras de labor	Tierras de labor en secano	211	255-255-168
		Terrenos regados permanentemente	212	255-255-000
		Arrozales	213	230-230-000
	Cultivos permanentes	Viveros	221	230-128-000
		Frutales	222	242-166-077
		Olivares	223	230-166-000
	Prados y praderas	Prados y praderas	231	230-230-077
		Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes	241	255-230-166
	Zonas agrícolas heterogéneas	Mosaico de cultivos	242	255-230-077
		Terrenos principalmente agrícolas, pero con importantes espacios de vegetación natural y semi-natural	243	230-204-077
Sistemas agroforestales		244	242-204-166	
Zonas forestales con vegetación natural y espacios abiertos	Bosques	Bosques de frondosas	311	128-255-000
		Bosques de coníferas	312	000-166-000
		Bosque mixto	313	077-255-000
	Espacios de vegetación arbustiva y o herbácea	Pastizales naturales	321	204-242-077
		Landas y matorrales mesófilos	322	166-255-128
		Matorrales esclerófilos	323	166-230-077
		Matorral boscoso de transición	324	166-242-000
	Espacios abiertos con poca o sin vegetación	Playas, dunas y arenales	331	230-230-230
		Roquedo	332	204-204-204
		Espacios con vegetación escasa	333	204-255-204
Zonas quemadas		334	000-000-000	
Glaciares y nieves permanentes		335	166-230-204	
Zonas húmedas	Zonas húmedas continentales	Humedales y zonas pantanosas	411	166-166-255
		Turberas y prados turbosos	412	077-077-255
	Zonas húmedas litorales	Marismas	421	204-204-255
		Salinas	422	230-230-255
Superficies de agua	Aguas continentales	Cursos de agua	511	000-204-242
		Láminas de agua	512	128-242-230
	Aguas marinas	Lagunas costeras	521	000-255-166
		Estuarios	522	166-255-230
		Mares y océanos	523	230-242-255

Fuente: Colores RGB para Corine Land Cover [37].

### **3.1.3. Monitoreo del vertimiento de aguas residuales domesticas del tramo de estudio**

Para los (3) tres monitoreos realizados para cada uno de los puntos seleccionados como lugares referentes, para el caso del estudio de la quebrada Garrochal se determinaron así: a) un punto inicial, b) un punto intermedio y c) un punto final, con lo cual se obtuvo información puntual de los cambios en la calidad del agua que presenta a lo largo de dicho tramo. Los parámetros obtenidos por cada muestra compuesta fueron (pH, temperatura, conductividad), y en muestra puntual adicionales a los anteriores, (oxígeno disuelto y % de saturación de oxígeno disuelto) para los cuales se realizó en un tiempo de 6 horas con lapsos de 20 minutos entre sí, calculando su respectivo volumen, y la medición del tiempo de descarga respectiva, buscando obtener datos puntuales para posteriormente llevar las muestras de agua (vertimiento, aguas arriba y aguas abajo) para ser analizadas por el laboratorio certificado de la Corporación Autónoma Regional del Cauca, resultado que finalmente determinaría el estado actual en el cual se encuentra la quebrada de estudio.

El monitoreo se realizó en los 3 puntos seleccionados (conjunto residencial Bariloche, Torres del Bosque y parcelación Quintas del Bosque).

Primero en cuanto a los vertimientos de los conjuntos mencionados con anterioridad, se hizo un muestreo compuesto durante 6 horas, con alícuotas proporcionales al caudal de descarga cada 20 minutos mediante el uso de un balde de 10 L y la toma del tiempo con un dispositivo móvil. En campo se tomaron parámetros tales como temperatura, conductividad y pH. Después de esto en la fuente hídrica, se hizo un muestreo puntual aguas arriba y aguas abajo del vertimiento, y se midieron parámetros in situ tales como pH, temperatura, conductividad y oxígeno disuelto, medición realizada con la utilización de un oxímetro y un equipo multiparámetro, además se midió la velocidad de la quebrada con el molinete para poder calcular el caudal de esta, Lo anterior se realizó con el fin de verificar las condiciones del vertimiento y su incidencia en la fuente hídrica. luego de haber realizado los muestreos anteriormente mencionados se tuvo en cuenta los parámetros medidos en el laboratorio de la CRC, de los cuales se obtuvo los resultados de parámetros físico químicos tales como  $DBO_5$ , DQO, SST, sólidos sedimentables, orto fosfatos, fósforo total, nitritos, nitratos, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total, color, grasas y aceites, Coliformes totales y fecales.

Una vez se obtuvo los resultados de los monitoreos en campo se tabularon para poder ser comparados con respecto a la normatividad ambiental aplicada, en este caso la resolución 0631 de 2015 artículo 8 y, decreto 1594 de 1984 como se describe en la fase II.

A continuación, se muestra las tablas utilizadas para la recolección de la información In Situ en muestra compuesta del vertimiento y en muestra puntual aguas arriba y aguas abajo.



Tabla 2. Parámetros In Situ medidos en muestra compuesta del vertimiento

HORA	VOLUMEN (L)	TIEMPO (s)	pH Unidad?	TEMPERATURA (°C)	CONDUCTIVIDAD Unidad?
8:00					
8:20					
8:40					
9:00					

Tabla 3. Parámetros In Situ medidos en muestra puntual, aguas arriba y aguas abajo del vertimiento en la quebrada Garrochal.

PUNTO	pH (Unidad)	CONDUCTIVIDAD (unidad)	TEMP. (°C)	OD (mg/L)	%OD
Aguas Arriba					
Aguas Abajo					

### 3.2. FASE 2: DIAGNOSTICO DE LA CALIDAD HIDRICA

En relación a la fase anterior, una vez realizada la caracterización inicial del área de estudio, la recopilación de la información mediante toma de datos como coordenadas GPS, muestreos puntuales mediante monitoreo de calidad de agua, se procedió al análisis de dicha información mediante la verificación de los valores obtenidos en campo y en laboratorio de la CRC con la normatividad vigente, el índice general de calidad de agua (ICA) y los índices de contaminación empleados teniendo en cuenta los parámetros que fueron analizados (ICO pH, ICOMO) todo lo anterior, realizado de la siguiente manera:

#### 3.2.1. Calidad del agua

Con las muestras llevadas al laboratorio de la CRC, se obtuvo los resultados de los parámetros físico químicos de la muestra sometida a análisis, posteriormente se elaboró un cuadro comparativo entre los resultados obtenidos con los valores establecidos en la resolución 0631 de 2015 artículo 8 y, decreto 1594 de 1984 con el fin de establecer los valores que se encuentran dentro de los rangos permitidos y acordes a la normativa empleada para el estudio.

#### 3.2.2. Estimación del índice de calidad de agua general "ICA"

Con la caracterización realizada anteriormente se procedió a calcular el índice de calidad de agua general "ICA" [38]. Para lo cual se calculó el índice de Brown mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 1. Índice de Brown 1

$$ICA_a = \sum_{i=1}^9 (Sub_i * W_i)$$

Ecuación 2. Índice de Brown 2

$$ICA_m = \prod_{i=1}^9 (Sub_i^{W_i})$$

Fuente: Servicio Nacional de Estudios Territoriales [38].

Donde:

$W_i$ : Pesos relativos asignados a cada parámetro ( $Sub_i$ ), y ponderados entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla con la sumatoria sea igual a uno.

Los pesos establecidos de los diversos parámetros son:

Tabla 4. Subíndices para cada parámetro del "ICA"

Coliformes fecales (CF)	0,15
Potencial de hidrógeno (pH)	0,12
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	0,10
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup> )	0,10
Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	0,10
Cambio de la Temperatura	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos totales disueltos (STD)	0,08
Oxígeno disuelto (OD)	0,17

Fuente: Servicio Nacional de Estudios Territoriales [38].

Finalmente se resolvió la (Ecuación No.1 Índice de Brown 1) en su totalidad, mediante la utilización de las gráficas de valoración de calidad de agua en función de cada uno de los parámetros mencionados en (Tabla No.4 Sub índices para cada parámetro del "ICA"), las que nos permitieron conocer el valor en una escala (Subi) de 0-100 y con ello se determinó la calidad que presenta la quebrada Garrochal, según la sumatoria de los valores encontrados, como se muestra a continuación:



Imagen 2. Clasificación del "ICA" "propuesto por Brown"

CALIDAD DE AGUA	COLOR	VALOR
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

Fuente: lobos, José. Evaluación de los contaminantes del embalse del Cerrón Grande PAES 2002 [38].

### 3.2.3. Implementación Ictest v 1.0

Mediante la utilización del programa ICATEST V 1.0 se determinó el grado de contaminación que presenta el tramo de estudio de la quebrada Garrochal, a través de índices de contaminación en los que se emplearon algunos parámetros físicos químicos.

La estructura del programa en mención permite la ejecución de los procedimientos de cálculo manual de gran número de índices de calidad de agua y contaminación, con lo cual se obtuvieron los datos correspondientes a los 2 índices de contaminación empleados (ICOpH, ICOMO).

#### 3.2.3.1. Índice de contaminación por pH (ICOpH)

Ecuación 3. Índice de contaminación por pH

$$ICOpH = \frac{e^{-31.08+3.45pH}}{1 + e^{-31.08+3.45pH}}$$

Fuente: índices de calidad (ICAs) y de contaminación (ICOs) del agua de importancia mundial [39].

#### 3.2.3.2. Índice de contaminación por Materia Orgánica (ICOMO)

Conformado por demanda bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ), Coliformes totales y porcentaje de saturación de Oxígeno.

*Ecuación 4. Índice de contaminación por materia orgánica*

$$ICOMO = \frac{1}{3}(I_{DBO} + I_{coliformes} + I_{Oxigeno \%})$$






Fuente: índices de calidad (ICAs) y de contaminación (ICOs) del agua de importancia mundial [39].

DBO > 30 (mg/l) = 1

DBO < 2 (mg/l) = 0

Los resultados obtenidos al aplicar cada uno de los índices de calidad permiten conocer con más detalle el grado de contaminación que se presenta en la fuente, determinado por una escala de color y expresando el grado de contaminación que se encontró de acuerdo al valor que fue obtenido, así como se muestra en la siguiente imagen:

*Imagen 3. Significancia de los índices de contaminación ICOs.*

<b>ICO</b>	<b>Grado de Contaminación</b>	<b>Escala de Color</b>
0 - 0.2	Ninguna	
> 0.2 - 0.4	Baja	
> 0.4 - 0.6	Media	
> 0.6 - 0.8	Alta	
> 0.8 - 1	Muy Alta	

Fuente: Ramirez Et al.(1999) [39].

### **3.3. FASE 3: DETERMINACIÓN DE PUNTOS CRITICOS DE CONTAMINACIÓN**

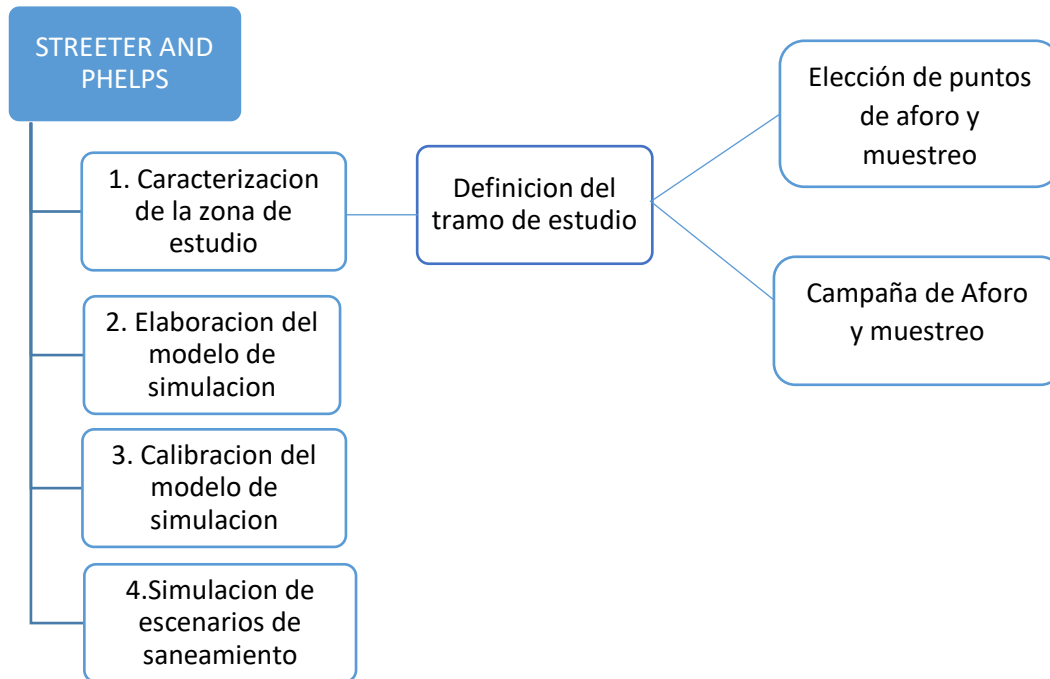
Hasta el momento las fases realizadas permitieron esclarecer y dar un punto de partida referente a las temáticas iniciales con las que se tuvo conocimiento del área de estudio, las actividades encaminadas para el análisis de la calidad de la quebrada Garrochal y conjunto con ello la determinación del grado de contaminación presentado, por consiguiente para una totalidad del análisis del grado de contaminación y condiciones de la quebrada, se hizo necesaria la utilización del modelo matemático de Streeter and phelps como se muestra a continuación:

#### **3.3.1. Modelación de Streeter and Phelps**

Para poder identificar el punto en donde los niveles de oxígeno presentan su mínimo rango en la fuente hídrica, se implementó la modelación de Streeter and Phelps, ya que se está generando un impacto negativo en las características fisicoquímicas, biológicas y organolépticas del recurso hídrico.

Para la utilización del modelo matemático descrito anteriormente, se realizó la modelación del tramo objeto de estudio de la fuente hídrica con base en la siguiente metodología:

Figura 2. Metodología De Streeter And Phelps.



Fuente: Modelación de la calidad de agua [40].

Además, fue necesaria la aplicación de ecuaciones para el cálculo del déficit de oxígeno, en el que se referencia el consumo de oxígeno que se necesita para degradar la materia orgánica y la capacidad de asimilar contaminantes demostrado mediante  $K_d$  (constante de desoxigenación) y  $K_a$  (constante de reaeración acumulativa de la fuente hídrica) [41] como se muestra a continuación:

Ecuación 5. Consumo de Oxígeno y capacidad de asimilación de contaminantes.

$$\begin{cases} V \frac{dL}{dt} = -K_d VL \\ V \frac{dD}{dt} = K_d VL - K_a VD \end{cases}$$

Fuente : Streeter and Phelps [42].

De igual manera para obtener la modelación de la DBO con el pasar del tiempo descrito por este modelo se hace necesario la aplicación de la siguiente ecuación:

Ecuación 6 Carga de DBO en un río.

$$L = L_0 e^{-K_r t}$$

Fuente: Streeter and Phelps [42].

El deficit de oxígeno entre las condiciones iniciales y el tramo a modelar establecido con anterioridad, se representa con la siguiente expresión matemática:

Ecuación 7 Balance de Oxígeno.

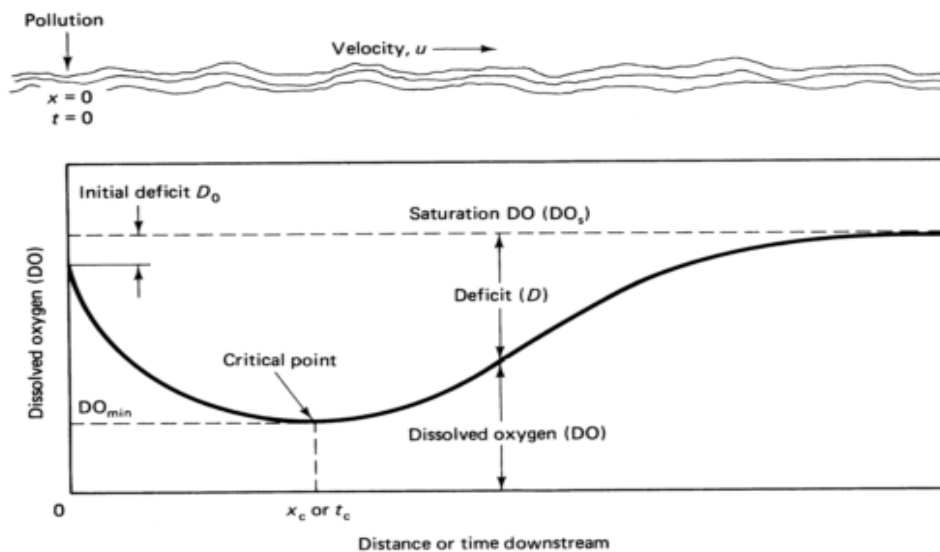
$$D = \frac{K_d L_0}{K_r - K_a} [e^{-K_a t} - e^{-K_r t}] + D_0 e^{-K_a t}$$

Fuente: Streeter and Phelps [42].

Derivado de la aplicación de las ecuaciones anteriores, se pudo obtener 3 modelaciones basadas en los 3 puntos de monitoreo definidos (Conjunto Bariloche, Torres del Bosque Y Parcelación Quintas del Bosque) e identificarlos puntos de desoxigenación, puntos críticos y de re aireación acumulativa, lo anterior con el fin de hallar el déficit de oxígeno disuelto que presenta el tramo de estudio de la quebrada Garrochal. La ecuación de Streeter and Phelps se desarrolló en una hoja de cálculo (Excel 2007) y se corrió con la información obtenida en campo, para cada punto de vertimiento del tramo de estudio.

A continuación, se muestra el modelo de Streeter and Phelps con el cual se obtuvo la gráfica para cada punto de vertimiento como se puede observar en la siguiente imagen:

Imagen 4. Determinación del déficit de oxígeno disuelto.



Fuente: Streeter Phelps Equation [42].

### **3.4. FASE 4: FORMULACIÓN DE MEDIDAS CONTINGENTES**

Una vez se obtuvo los resultados de las actividades anteriores, para generar un impacto positivo en la población del tramo de estudio referente a acciones, prácticas y pasos a tener en cuenta para mejorar la calidad de la fuente hídrica y/o la disminución de la contaminación generada, se tuvo en cuenta y se tomó como punto de referencia lo estipulado en la guía técnica para la restauración de áreas de ronda y nacedores del distrito capital ; lo anterior, debido a que las practicas presentadas dentro de dicha guía son de fácil aplicación e interpretación para la población en general y además está acorde a diferentes actividades de tipo doméstico, agronómico, etc. también establece con claridad prácticas para poder restaurar las áreas de ronda y con ello poder disminuir impactos negativos que estén afectando la quebrada Garrochal. Por otra parte, se construyó un instructivo para mejorar la calidad de los vertimientos en el que se indican actividades puntuales para realizar desde el hogar y así generar una disminución en la carga contaminante de origen doméstico.

#### **3.4.1. Volante informativo referente al cuidado de las rondas de las fuentes hídricas**

Teniendo en cuenta algunas técnicas y prácticas establecidas en la guía técnica para la restauración de áreas de ronda y nacedores del distrito capital, se elaboró un volante informativo referente al cuidado de las rondas de las fuentes hídricas, mediante el cual tenía como fin informar a la población del tramo de estudio acerca de las prácticas y cuidados para no generar afectaciones y/o alteraciones en la quebrada Garrochal.

#### **3.4.2. Instructivo para mejorar la calidad de los vertimientos**

Se elaboró un folleto el cual indica las medidas para mejorar la calidad de las aguas vertidas a la quebrada Garrochal, mediante la sugerencia de prácticas sostenibles, tendientes a disminuir la carga contaminante producida por actividades realizadas desde los hogares de las urbanizaciones ubicadas dentro del tramo de estudio.

## **CAPITULO IV: RESULTADOS Y ANALISIS**

Para poder analizar los datos obtenidos en cada una de las fases con sus respectivas actividades planteadas, fue necesario llevar un orden o secuencia que permitió conocer las condiciones que presenta la fuente hídrica y poder entender a mayor detalle la problemática del tramo de estudio, además de los factores que inciden directamente referido a alguna actividad realizada en el sector o algún contaminante que se esté viendo involucrado en mayor magnitud. A continuación se presentan los resultados que fueron obtenidos a raíz del desarrollo de la metodología planteada en el capítulo anterior

### **4.1. Ubicación del área de estudio**

La microcuenca Garrochal se encuentra localizada al nor-occidente de la ciudad de Popayán, capital del departamento del Cauca, esta fuente hídrica es sub cuenca del Rio Sate, el cual es una de las fuentes hídricas que entran a la ciudad como otros ríos mencionados con anterioridad, la quebrada Garrochal atraviesa parte de la meseta de Popayán en dirección Norte-Sur por el costado occidente de la Ciudad, donde su nacimiento es en el barrio bellavista margen izquierdo de oriente-occidente en donde se encuentra el grado más elevado de contaminación debido a la alta concentración residencial del sector y además al encontrarse en un sector de expansión urbana , a comparación de su desembocadura en el rio Sate al occidente de la ciudad de Popayán en la vereda Julumito donde actualmente no hay gran influencia de población y no se ha generado tal afectación como en su parte alta.

Como punto de partida para la realización de la evaluación ambiental, fue necesario realizar un recorrido por el área de estudio para poder identificar los puntos de vertimiento y con ello poder realizar los modelos de elevación digital, en los cuales se aplicó la conversión de las coordenadas geográficas obtenidas a planas, como se puede apreciar según cuadro (Ver Anexo 3)

Posterior a ello, se obtuvo el mapa en el cual se muestra la ubicación de los puntos de monitoreo que fueron utilizados para poder realizar el reconocimiento del área de estudio, como se muestra a continuación:

Imagen 5. Ubicación del área de estudio mediante ARCGIS 10.0



Fuente : Propia

Se pudo observar que es una zona con gran concentración de población, en la cual la quebrada garrochal transcurre por esta zona viendose afectada por las descargas de aguas residuales domesticas del sector y ademas de las posibles afectaciones futuras referente a la construccion de residencias en espacios aledaños que actualmente se encuentran vacios ya que estos por la cercania a la fuente hidrica tambien serian generadores de aguas residuales domesticas a la quebrada garrochal .

#### 4.2. USOS DE LA CAPA DEL SUELO EN LA ZONA DE ESTUDIO

La metodología de Corine Land Cover permitió la identificación de los usos de la capa del suelo para el tramo de estudio de la quebrada Garrochal como se muestra en (imagen No 6 identificación de usos de las capas del suelo). De acuerdo en lo observado en la imagen mencionada anteriormente se observó que en el margen izquierdo y derecho de la quebrada se encuentran 4 tipos de usos del suelo tanto en los cuales se tiene: (el tejido urbano continuo, instalaciones recreativas, pastos enmalezados o en rastrojados y zonas verdes urbanas) , en los cuales al ser identificados se determinó que estos no están alterando la calidad del agua de la fuente hídrica, ya que la capa que presentan es derivada de las actividades y características del sector en razón a que están directamente relacionados con el



estudio realizado que es enfocado en los vertimientos de tipo doméstico , por lo que no se está generando alguna alteración en los resultados obtenidos en las siguientes fases por cuanto no se encontró capas de tipo comercial, industrial, agropecuario o de otro tipo del sector productivo que pudiera estar afectando la calidad de este recurso hídrico. Además cabe resaltar que se observa sobre todo en el margen derecho un incremento en la construcción de viviendas que se presume que no están acatando la normatividad (DECRETO 1449 DE 1977) que estipula que se deben tener Una distancia no inferior a 30 metros de ancho, paralela a las líneas de mareas máximas, a cada lado de los cauces de los ríos, quebradas y arroyos, sean permanentes o no y alrededor de los lagos o depósitos de agua, por lo tanto estarían causando un impacto negativo ya que estarían invadiendo parte de la franja protectora de este recurso hídrico , generando una adecuación del terreno con fines residenciales sin priorizar el cuidado y conservación de la quebrada Garrochal. [43]

Según se puede apreciar en la siguiente imagen:

Imagen 6. Identificación de capas de usos del suelo mediante Corine Land Cover



Fuente: Propia



La comuna No.2 de Popayán donde se encuentra ubicada la quebrada Garrochal está constituido por más de cien barrios entre los cuales están : Barrios: Villa Melisa, Esperanza, Canterbury, La Arboleda, El Uvo, San Ignacio, Bella Vista, El Bambú, Cruz roja, Río Vista, Bello horizonte, El Placer, Villa del Norte, La Primavera, Rinconcito Primavera, La Florida, Barrio González, El Tablazo, Morinda, Destechados, Santiago de Cali, Zuldemaida, María Paz, Balcón Norte, Pino Pardo, Matamoros, Chamizal, Tóez, Villa Claudia, Guayacanes del Rio, Pinar, Los Cábmulos, Luna Blanca, Cordillera, Villa del Viento, Pinares Canal de Brujas, Los Ángeles ,Galilea, Atardeceres de la Pradera, Pinos Llano, Nueva Alianza, Pinares del Rio, Nuevo Tequendama, Rincón de la Aldea, Urbanización El Uvo, El Centauro, Villa Andrea, Bosque de Morinda, Bariloche, Torres del Bosque, Acuarelas del Bosque, Condominio Monte Lugano, Condominio Monserrat, Quintas del Bosque, Villa del Bosque, Trece de Octubre, San Gerardo, Bosques del Pinar, Quintas de José Miguel, Minuto de Dios, Divino Niño, Álamos del Norte, Villa Diana, Renacer, El Encanto, San Fernando, Rincón de Comfacauca, Rinconcito Primavera II, Capri, Gran Bretaña. De los cuales el tramo de estudio se encuentra una pequeña parte de los barrios de esta comuna como se muestran en el planteamiento del problema que presenta una población de aproximadamente 2000 personas [44].

#### 4.3. CARACTERIZACIÓN FISICO QUIMICA DE LOS VERTIMIENTOS

Los datos recopilados en campo son los siguientes:

##### 4.3.1. Punto 1 conjunto residencial Bariloche

A continuación se muestra los valores promedio para la muestra compuesta del vertimiento del conjunto residencial Bariloche y los valores correspondientes a la muestra puntual in situ aguas arriba y aguas abajo del vertimiento de la quebrada Garrochal, el monitoreo completo se encuentra en ( Ver Anexo 4)

*Tabla 5. Parámetros In Situ en muestra compuesta del vertimiento y muestra puntual, aguas arriba y aguas abajo del vertimiento del conjunto Bariloche en la quebrada Garrochal*

Muestra Compuesta Vertimiento Bariloche					
HORA	VOLUMEN (L)	TIEMPO (s)	pH	TEMPERATURA (°C)	CONDUCTIVIDAD
8:00-2:00pm	10 L	46,53 seg	7,06	20,6 °C	37,9 S/m
Muestra Puntual					
PUNTO	pH	CONDUCTIVIDAD	TEMP. (°C)	OD (mg/L)	%OD
Aguas Arriba	6,25	310,2 S/m	20 °C	2,3 mg/L	25%
Aguas Abajo	6,68	343,7 S/m	20,1 °C	2,5 mg/L	27%

Fuente: propia

Caudal de descarga = 0,23 L/s

Para el conjunto residencial Bariloche se observó que el pH, se encuentra dentro del rango establecido (6-9) tanto en la normatividad como en la literatura, lo cual indica que aunque hay una variación en el pH, se aprecia que específicamente para este parámetro físico químico tiene una contaminación leve. Por otra parte referido al oxígeno disuelto que presenta se encuentra muy bajo, del cual se presume que aguas arriba ya viene en malas condiciones por posibles vertimientos y además el caudal que presenta la quebrada en estudio es bajo impidiendo su fácil recuperación al caer un vertimiento. [45]

Fotografía 1 y 2. Vertimiento conjunto residencial Bariloche y Monitoreo



Fotografía 1 Vertimiento Conjunto Residencial Bariloche.

Fotografía 2 Monitoreo Conjunto Residencial Bariloche.

Fuente: Propia

#### 4.3.2. Punto 2 conjunto residencial Torres del Bosque

A continuación se muestra los valores promedio para la muestra compuesta del vertimiento del conjunto residencial Torres del Bosque y los valores correspondientes a la muestra puntual in situ aguas arriba y aguas abajo del vertimiento de la quebrada Garrochal, el monitoreo completo se encuentra en (Ver Anexo 5)

Tabla 6. Parámetros In Situ en muestra compuesta del vertimiento y muestra puntual, aguas arriba y aguas abajo del vertimiento de torres del bosque en la quebrada Garrochal

Muestra Compuesta Vertimiento Torres del Bosque					
HORA	VOLUMEN (L)	TIEMPO (s)	pH	TEMPERATURA (°C)	CONDUCTIVIDAD
8:00-2:00pm	10 L	3,77 seg	5,06	21,06 °C	42,5 S/m

Muestra Puntual					
PUNTO	pH	CONDUCTIVIDAD	TEMP. (°C)	OD (mg/L)	%OD
Aguas Arriba	5,51	146,1 S/m	20,3 °C	6,5 mg/L	65%
Aguas Abajo	6,52	52,1 S/m	20 °C	5,2 mg/L	53%


**Fuente: propia**

Caudal de descarga = 2,65 L/s.

*Fotografía 3 y 4. Vertimiento torres del Bosque y Monitoreo*

Para el conjunto residencial Torres del bosque se observó que el pH, se encuentra en valores por debajo al rango establecido (6-9) en la normatividad y en la literatura, lo cual indica que al generarse el vertimiento de agua residual doméstica el pH está sufriendo una disminución, evidenciando valores que tienden a un estado ácido, por lo que se deduce que el vertimiento que está siendo arrojado constantemente contiene una cantidad significativa de sustancias producto de las actividades domésticas, como grasas, jabones, detergentes, productos químicos, etc. Los cuales pueden estar siendo vertidos con mayor frecuencia unos que otros por parte de los habitantes del conjunto residencial. Por otra parte referido al oxígeno disuelto que presenta se encuentran valores un poco mayores, por lo que se piensa que en el trascurso del vertimiento anterior hasta el del conjunto torres del bosque, tiene una pequeña recuperación por la aireación por caídas de agua que permiten que la fuente hídrica tenga cierta asimilación de los vertimientos que caen a ella en este recorrido, cabe recalcar que al generarse la descarga directa del vertimiento de agua residual doméstica sin previo tratamiento consecencialmente se genera una



disminución de su OD [46].		
Fotografía 3 Vertimiento Torres del Bosque.	Fotografía 4 Monitoreo Vertimiento Torres del Bosque.	

Fuente: Propia

#### 4.3.3. Punto 3 parcelación Quintas del Bosque

A continuación se muestra los valores promedio para la muestra compuesta del vertimiento de la parcelación quintas del bosque y los valores correspondientes a la muestra puntual in situ aguas arriba y aguas abajo del vertimiento de la quebrada Garrochal, el monitoreo completo se encuentra en (Ver Anexo 6)

Tabla 7. Parámetros In Situ en muestra compuesta del vertimiento y muestra puntual, aguas arriba y aguas abajo del vertimiento en la quebrada Garrochal

Muestra Compuesta Vertimiento Quintas del Bosque					
HORA	VOLUMEN (L)	TIEMPO (s)	pH	TEMPERATURA (°C)	CONDUCTIVIDAD
8:00-2:00pm	10 L	35.79 seg	6.31	21,4 °C	686 S/m
Muestra Puntual					
PUNTO	pH	CONDUCTIVIDAD	TEMP. (°C)	OD (mg/L)	%OD
Aguas Arriba	6,98	140,3 S/m	19,9 °C	4,9 mg/L	53%
Aguas Abajo	7	138,7 S/m	19,9 °C	5,0 mg/L	54%

Fuente: propia

Caudal de descarga = 0.28 L/s.

En la parcelación Quintas del bosque se encontró que los valores del pH se encuentran dentro de la normatividad utilizada y de la literatura consultada pero, se deduce que aunque los valores se encuentren dentro de este rango (6-9) esto podría ser debido al pequeño caudal de descarga que presenta este vertimiento equivalente a 0,28L/s, que puede estar siendo asimilado para su recuperación y no está generando mayor afectación referido al pH, sin embargo para los valores



de oxígeno disuelto se encontró que hay una disminución en comparación con el anterior vertimiento, esto puede ser debido a que aguas arriba puede estarse generando otra descarga que no le permite una rápida asimilación y/o recuperación del vertimiento y por lo tanto genera una disminución en el OD, además que esta zona en especial es un poco más plana y no se observa cambios de velocidad bruscos que ayuden a re airear con mayor facilidad en esta última parte del tramo.

*Fotografía 5 y 6. Vertimiento Parcelación Quintas del Bosque y Monitoreo*



Fuente: Propia

#### **4.4. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LA QUEBRADA GARROCHAL**

Una vez obtenidos los reportes de los resultados de laboratorio de los monitoreos realizados (Ver Anexo 7-12) se realizó la comparación con la normatividad colombiana utilizada (Resolución 0631 de 2015 y decreto 1594 de 1984) con el cual se obtuvo los resultados que se muestran a continuación:

*Cuadro 1. Comparación parámetros físico químicos Bariloche vs normatividad*

<p><b>PARAMETROS FISICO QUIMICOS BARILOCHE</b></p>
--

PARAMETRO	UNIDADES	Resolución 0631 de 2015	Decreto 1594 de 1984	REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO (VERTIMIENTO)
<b>Generales</b>				
pH	unidades de pH	6,00 a 9,00	5,00 a 9,00	7,45
DBO <sub>5</sub>	mg/L	70	-----	10
DQO	mg/L	150	-----	<10
SST	mg/L	70	-----	35,5
solidos sedimentables	MI/L	5	-----	< 0,1
Orto fosfatos	mg PO4-P/L	análisis y reporte	-----	2,1
Fósforo Total	mg PO4-P/L	análisis y reporte	----	3,11
Nitritos	mg NO2-N/L	análisis y reporte	10	0,06
Nitratos	mg NO3-N/L	análisis y reporte	10	0.92
Nitrógeno Amoniacal	mg NO4-N/L	análisis y reporte	----	0,44
Nitrógeno Total	mg N/L	análisis y reporte	----	2,63
Color	UPC	análisis y reporte		*
Grasas y Aceites	mg/L	10		< 10

**Fuente: propia**

Para el punto de vertimiento del conjunto residencial Bariloche, se puede observar que gran parte de los valores obtenidos cumplen o están en niveles bajos de los establecidos por la normatividad, en lo cual se puede referir que se presenta un grado de contaminación pero por el momento se desconoce de qué magnitud (leve o grave) el cual se podrá verificar en las actividades siguientes, por otra parte se podría decir que si hay cambios en la calidad del agua, que es provocado por la descarga de aguas residuales domesticas provenientes de aguas arriba y del conjunto residencial, además se tiene en cuenta que es un punto que se desconoce las condiciones aguas arriba por el difícil acceso al área, pero se presume que hay otros vertimientos aguas arriba debido a los malos olores presentados en la zona,

en adición a ello la descarga de agua residual presentada para este punto es mínima o con poco caudal, y que se presenta una variación en el pH, antes y después del vertimiento indicando que al realizarse la descarga de agua residual su pH disminuye debido la combinación de sustancias provenientes del conjunto residencial.

*Cuadro 2. Comparación parámetros físico químicos torres del bosque vs normatividad*

<b>PARAMETROS FISICO QUIMICOS TORRES DEL BOSQUE</b>				
PARAMETRO	UNIDADES	Resolución 0631 de 2015	decreto 1594 de 1984	REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO (VERTIMIENTO)
<b>Generales</b>				
pH	unidades de pH	6,00 a 9,00	5,00 a 9,00	6,6
DBO <sub>5</sub>	mg/L	70	-----	< 10
DQO	mg/L	150	-----	< 15
SST	mg/L	70	-----	< 10
solidos sedimentables	ml/L	5	-----	< 0,1
Orto fosfatos	mg PO <sub>4</sub> -P/L	análisis y reporte	-----	1,83
Fósforo Total	mg PO <sub>4</sub> -P/L	análisis y reporte	----	2,2
Nitritos	mg NO <sub>2</sub> -N/L	análisis y reporte	10	0,02
Nitratos	mg NO <sub>3</sub> -N/L	análisis y reporte	10	0,88
Nitrógeno Amoniacal	mg NO <sub>4</sub> -N/L	análisis y reporte	----	< 0,1
Nitrógeno Total	mg N/L	análisis y reporte	----	1,44
Color	UPC	análisis y reporte		*
Grasas y Aceites	mg/L	10		< 10

**Fuente: propia**

Para el conjunto residencial Torres del bosque, se tiene que aunque cumple con algunos de los valores máximos permisibles según la normatividad empleada, se puede decir que presenta contaminación en el sector por la presencia de malos olores y la gran descarga que aporta este conjunto residencial a la quebrada de 2.65 L/s con respecto al caudal que tiene la quebrada Garrochal de 50.5L/s , aunque no tenga valores muy elevados reportados, el sector que comprende este conjunto, tanto aguas arriba, como aguas abajo, por la continuidad de este vertimiento a la quebrada puede generar procesos de eutrofización y además de la persistencia de los vertimientos aguas arriba que pueden aumentar o disminuir los valores tomados en los monitoreos, de lo cual se derivaría una alta o baja contaminación según corresponda.

*Cuadro 3. Comparación parámetros físico químicos quintas del bosque vs normatividad*

<b>PARAMETROS FISICO QUIMICOS QUINTAS DEL BOSQUE</b>				
PARAMETRO	UNIDADES	Resolución 0631 de 2015	decreto 1594 de 1984	REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO (VERTIMIENTO)
<b>Generales</b>				
pH	unidades de pH	6,00 a 9,00	5,00 a 9,00	7,11
DBO <sub>5</sub>	Mg/L	70	-----	12
DQO	Mg/L	150	-----	37,2
SST	Mg/L	70	-----	14,4
solidos sedimentables	MI/L	5	-----	< 0,1
Orto fosfatos	mg PO4-P/L	análisis y reporte	-----	1,72
Fósforo Total	mg PO4-P/L	análisis y reporte	----	2,12
Nitritos	mg NO2-N/L	análisis y reporte	10	0,02
Nitratos	mg NO3-N/L	análisis y reporte	10	1
Nitrógeno Amoniacal	mg NO4-N/L	análisis y reporte	----	< 0,1



Nitrógeno Total	mg N/L	análisis y reporte	----	1,5
Color	UPC	análisis y reporte		*
Grasas y Aceites	mg/L	10		< 10

**Fuente: propia**

Finalmente respecto a la parcelación Quintas del Bosque, al igual que los 2 conjuntos anteriormente mencionados, se puede decir que algunos de los valores arrojados por los reportes de laboratorio de los cuales se puede analizar con la normatividad se encuentran dentro de los rangos permitidos, pero no se descarta la idea de que es un tramo que presenta contaminación ya que desde sus inicios se presentan vertimientos directos a la quebrada sin previo tratamiento, y además que es un vertimiento constante que denota el cambio en las condiciones normales de la quebrada Garrochal, evidenciado en el mal olor que desprende y por la presencia de residuos sanitarios, jabones, detergentes, etc. [47]

#### **4.5. INDICE DE CALIDAD DE AGUA**

Mediante la aplicación de la ecuación de Brown mencionada en la metodología utilizada para este apartado y además al realizar los cálculos matemáticos (Ver Anexos 13-18) se pudo determinar los índices de calidad de agua para cada uno de los puntos de muestreo como se muestran a continuación:

*Tabla 8. Valores del "ICA" Del tramo de estudio*

Punto de monitoreo	Ubicación	Valor del "ICA"
Conjunto residencial Bariloche	Aguas Arriba	1,64
Conjunto residencial Bariloche	Aguas Abajo	1,75
Conjunto residencial Torres del bosque	Aguas Arriba	1,73
Conjunto residencial Torres del bosque	Aguas Abajo	1,73
Parcelación Quintas del Bosque	Aguas Arriba	1,7
Parcelación Quintas del Bosque	Aguas Abajo	1,7

### **Fuente: propia**

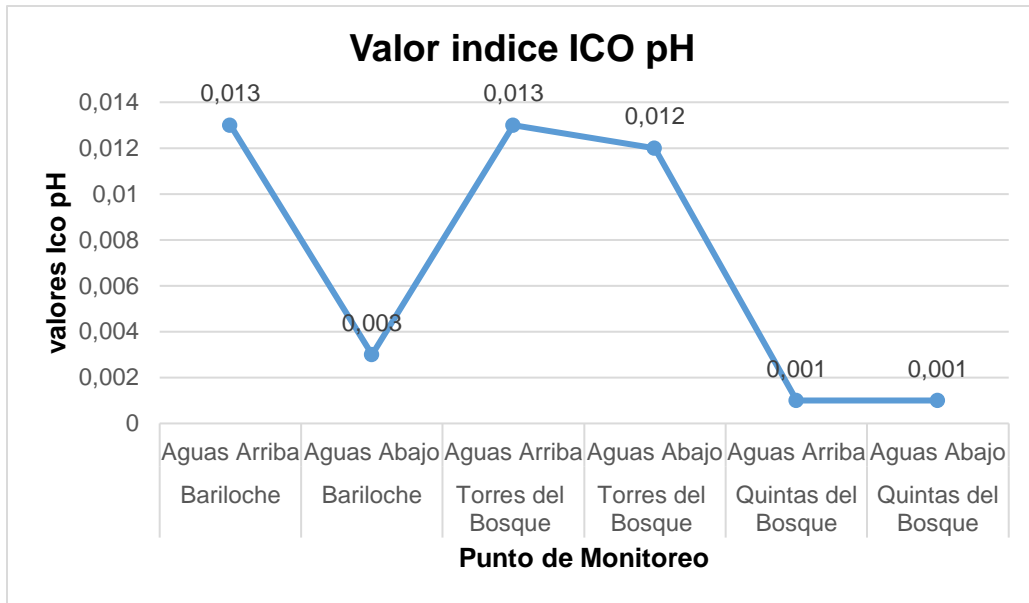
Conforme a lo establecido en (Imagen No.2 CLASIFICACIÓN DEL "ICA" "PROPUESTO POR BROWN") el resultado arrojado para el tramo comprendido desde el conjunto residencial Bariloche hasta la parcelación Quintas del Bosque, se obtuvo que la calidad para estos 3 puntos tanto aguas arriba como aguas abajo se encuentra catalogada como pésima, ya que los valores se están entre 0 a 25, teniendo en cuenta que con el aumento de la contaminación el valor de 100 (excelente calidad) va disminuyendo. En este caso los resultados obtenidos para cada punto presentan un rango entre 1.50 a 1.80 clasificando esta quebrada con un "ICA" en la categoría pésima con lo que indica que solamente podrían tener un número limitado de las formas acuáticas de la vida, presentando problemas abundantes y aunque los parámetros físico químicos fueron comparados en la actividad anterior y se obtuvo que se encontraban dentro de los rangos permitidos, no significa que no se presente una contaminación, sino que no supera los límites ni está por debajo de los establecidos por la normatividad colombiana, con lo que se dice que la normatividad debe ajustarse con mayor claridad resaltando que aunque cumpla con los valores, si se genera una degradación en las condiciones normales del recurso hídrico, por lo tanto ya analizados estos "Icas" se puede referir a que esta quebrada no estaría apta para actividades que estén relacionadas con el uso directo, como la ingesta o uso recreativo por su pésima calidad. [48] [49] [50]

#### **4.6. CALIDAD DEL AGUA DE ACUERDO A ICATEST**

Los resultados obtenidos mediante la implementación del programa icatest 1.0V, nos arrojaron los diferentes valores referidos a IcopH, ICOMO de los puntos de muestreo del área de estudio.

##### **4.6.1. Índice de contaminación por pH, "ICOpH"**

Grafica 1. Valores de los índices de contaminación por pH, de los puntos de monitoreo (Conjunto Residencial Bariloche, Conjunto Residencial Torres del Bosque, Parcelación Quintas del Bosque) (Ver Anexos 19-21)

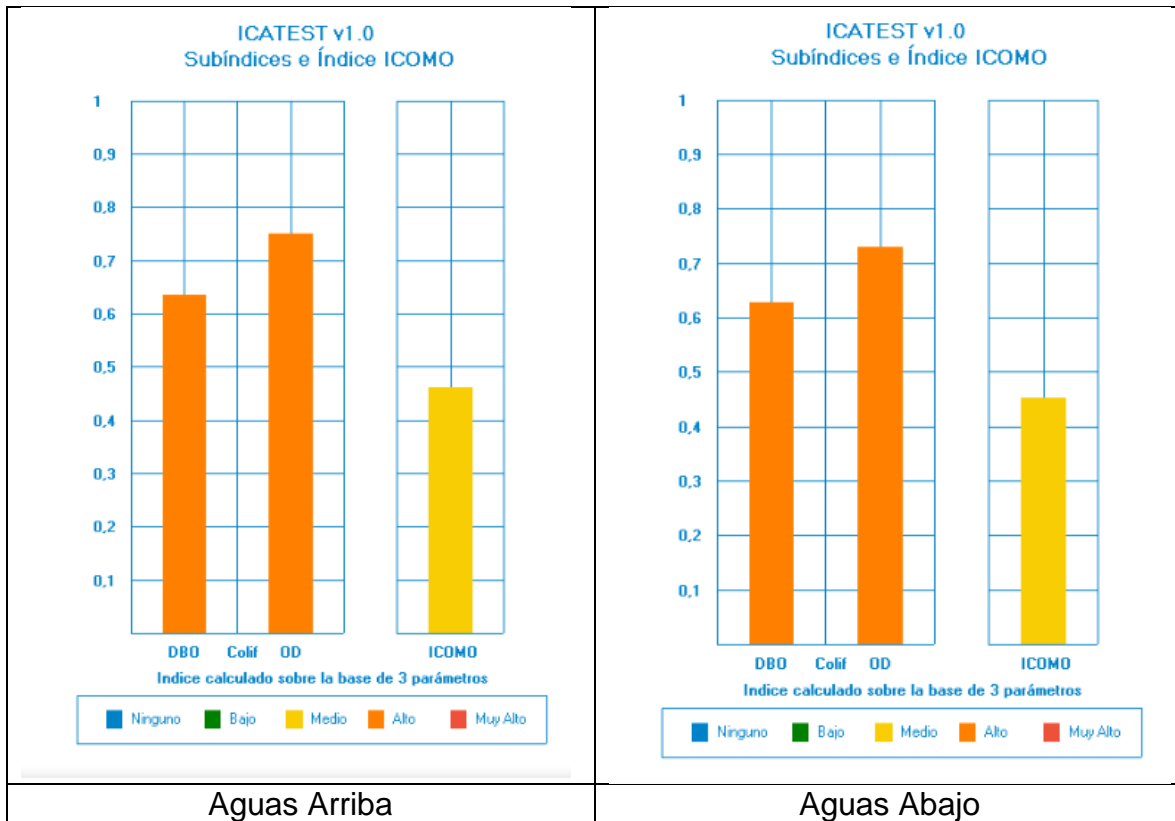


Fuente: Propia

Referente al índice de contaminación por pH, en los 2 puntos (aguas arriba y aguas abajo de cada uno de los 3 puntos seleccionados de monitoreo) se tiene que para todos los casos el valor arrojado para determinar su grado de contaminación con relación a este parámetro es muy bajo o no se presenta, ya que los valores obtenidos para todos los puntos contienen un pH entre 6-7 lo que indica que la contaminación generada por la variación de pH, es casi nula, aunque en pH no ha arrojado un índice medio o bajo de contaminación, cabe aclarar que solamente se está haciendo referencia al parámetro de pH, pero existen algunos otros como el índice siguiente a través de los cuales si se evidencia grado de contaminación, por otra parte es de vital importancia resaltar que podría generar alguna alteración si se realizara un consumo directo por la presencia de descarga de agua residual doméstica en este caso, ya que esta fuente no presenta un tratamiento previo para ser consumida como lo sería la aplicación de un proceso de potabilización (desinfección, cloración, calor, etc.) [51]

#### 4.6.2. Índice de contaminación por materia orgánica "ICOMO"

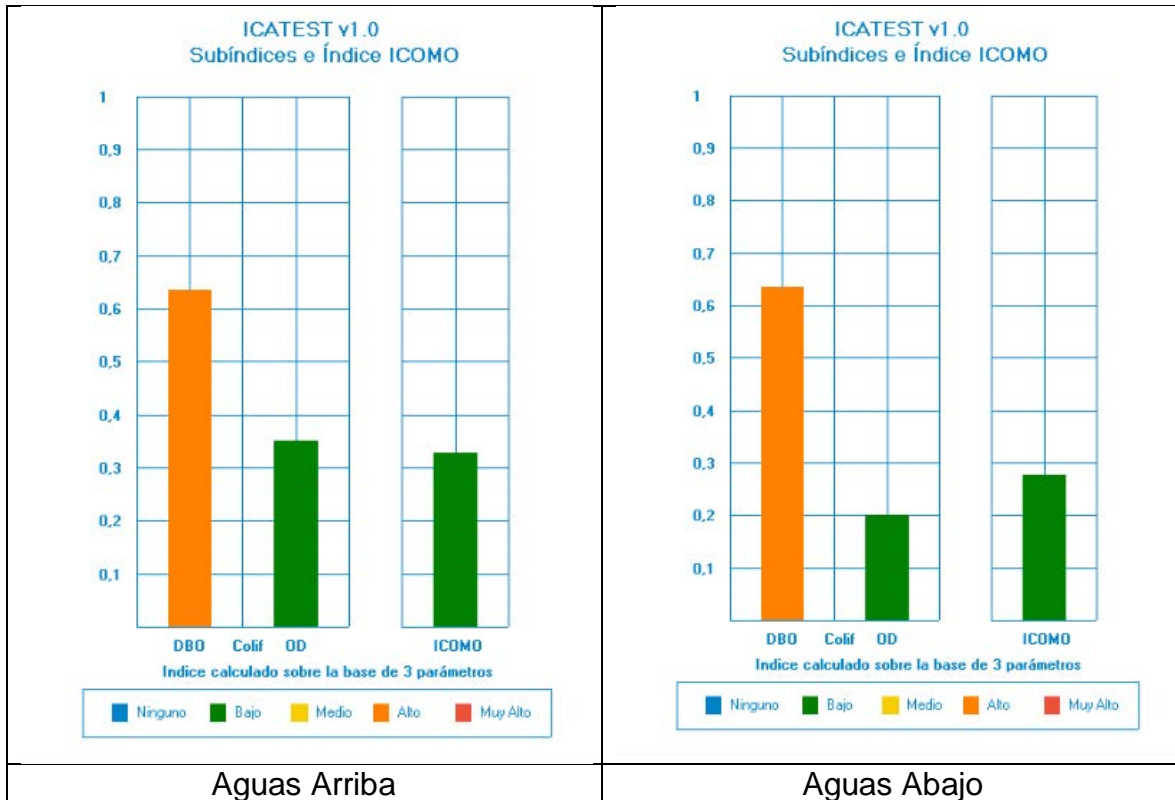
Imagen 7. ICOMO "Conjunto residencial Bariloche" "Aguas Arriba y Aguas Abajo".



Fuente : ICATEST v1.0

Se puede evidenciar que tanto el punto aguas arriba como aguas abajo presentan un índice de contaminación por materia orgánica medio, debido a la incidencia del oxígeno disuelto y la demanda biológica de oxígeno que se encuentran en valores altos, se hace evidente que hay un grado de contaminación medio ya que al verse incrementados los valores de DBO se hace presente una carga considerable de contaminantes orgánicos que pueden ser originados por las aguas residuales domésticas, y la erosión del suelo aledaño, además de diversos desechos humanos como aceites, grasas, tinturas, desperdicios alimenticios, etc. Todos estos pueden estar generando que el porcentaje de oxígeno en el agua disminuya y este generando afectaciones para el ecosistema y el medio. [52]

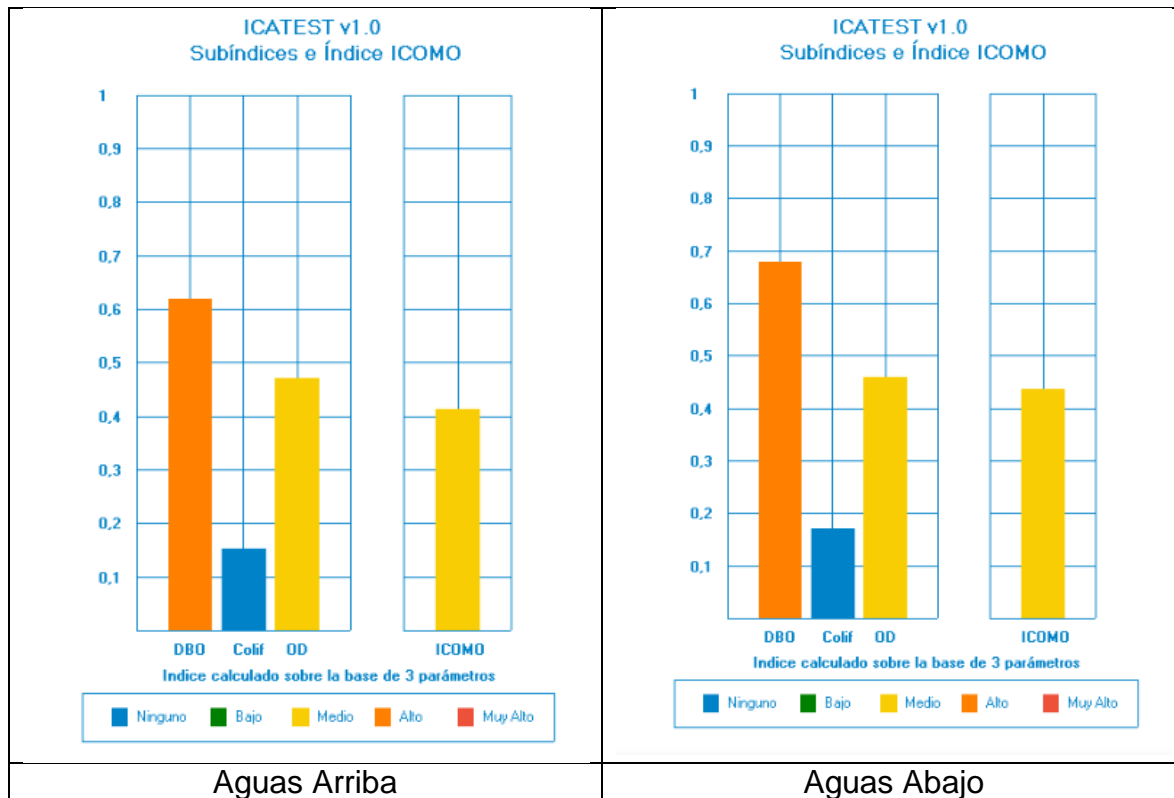
Imagen 8. ICOMO "Conjunto residencial Torres del Bosque" "Aguas Arriba y Aguas Abajo"



Fuente: ICATEST v1.0

Aunque para este tramo se presenta un vertimiento con mayor aporte de descarga residual a la quebrada, se puede evidenciar que presenta valores bajos y que la incidencia del porcentaje de oxígeno disuelto se encuentra en valores normales incrementando su valor de 65% aguas arriba a 80 % después del vertimiento lo que indica un adecuado porcentaje de OD, indicando un índice de contaminación por materia orgánica BAJO sobre todo por el notorio aumento en el % de OD. [53]

Imagen 9. ICOMO “Parcelación Quintas del Bosque” “Aguas Arriba y Aguas Abajo”.



Fuente: ICATEST v1.0

Para este punto de la parcelación Quintas del Bosque, aunque el aporte de descarga residual a la quebrada es muy poco, se tiene que hay un grado medio de contaminación por materia orgánica, en la cual se puede deducir que la cantidad de carga contaminante que descarga tiene una incidencia en la DBO y un aporte medio en el oxígeno disuelto dado que, en esta parte final del tramo de estudio hay una disminución de su % de OD por lo que hay un grado mayor de contaminación en comparación al punto anterior. [54]

#### 4.7. MODELACIÓN DE STREETER AND PHEELPS

Con la utilización de la modelación de Streeter and Phelps, fue posible tener con mayor claridad el estado que presenta la fuente hídrica y con esto se pudo determinar los puntos de desoxigenación, puntos críticos y puntos de re aireación acumulativa que fueron necesarios para el análisis de las condiciones que presenta la quebrada Garrochal al ser receptora de estos vertimientos domésticos.

A continuación, se presenta los datos obtenidos de los puntos a determinar anteriormente mencionados:

Tabla 9. Puntos (desoxigenación, crítico y re aireación acumulativa) correspondientes a los puntos de vertimiento (Conjunto residencial Bariloche, Conjunto residencial Torres del Bosque, Parcelación Quintas del Bosque)

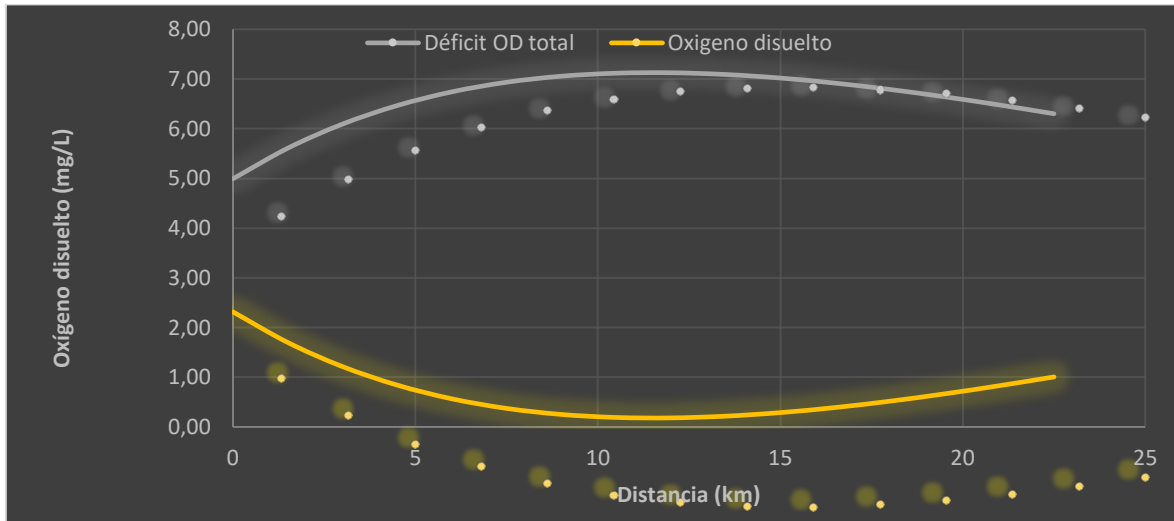
Punto de vertimiento	Tipo de variable	Distancia	Valor del Oxígeno Disuelto
<b>Conjunto Residencial Bariloche</b>	Punto de Desoxigenación	1,5 Km	1,7 mg/L
	Punto Critico	13,5 Km	0,2 mg/L
	Punto de Re Aireación Acumulativa	15 Km	0,3 mg/L
<b>Conjunto Residencial Torres del Bosque</b>	Punto de Desoxigenación	1,5 Km	5,6 mg/L
	Punto Critico	18 Km	2,4 mg/L
	Punto de Re Aireación Acumulativa	19,5 Km	2,5 mg/L
<b>Parcelación Quintas del Bosque</b>	Punto de Desoxigenación	1,5Km	4,9 mg/L
	Punto Critico	18 Km	2 mg/L
	Punto de Re Aireación Acumulativa	19,5 Km	2,1 mg/L

**Fuente: Propia**

En la tabla 9 se puede observar que sus puntos críticos según la simulación realizada mediante el modelo matemático Streeter and Phelps, se están dando en distancias un poco apartadas , y que a partir del contacto directo con el vertimiento de las aguas residuales de cada uno de los conjuntos se empieza a generar una desoxigenación que va provocando el descenso de los valores de oxígeno disuelto y que esta no se puede recuperar con rapidez debido a su velocidad con un valor mínimo de 0.1 m/s el cual un factor considerable para su recuperación y además de que durante este tramo se presenta descargas continuas que no la favorecen para este proceso de autodepuración o re aireación, ya que en el recorrido de la quebrada sus niveles de OD van en constante disminución por dichas descargas. [55]

Además de la determinación de los puntos de desoxigenación, crítico y de re aireación acumulativa, se obtuvo las respectivas modelaciones representadas en graficas de la siguiente manera:

Grafica 2. Oxígeno Disuelto Vs Distancia (Conjunto residencial Bariloche)

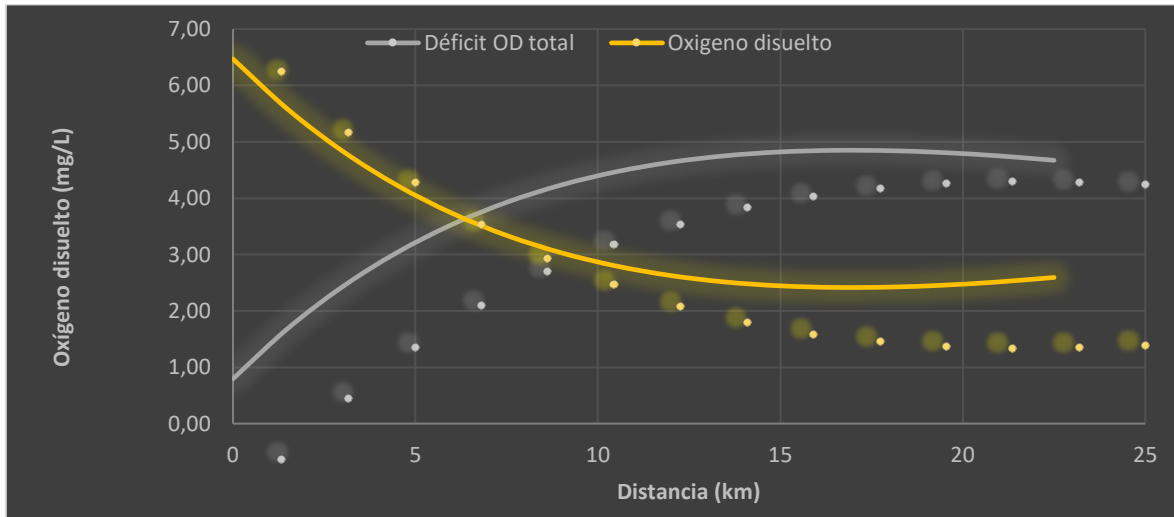


Fuente: propia

Los resultados arrojados para este punto de vertimiento en las gráficas 1 y 2 ,se puede evidenciar las condiciones que presenta la quebrada en el sector de Bariloche , ya que arroja que kilómetros más arriba, probablemente unos metros después de su nacimiento se está realizando la descarga directa de uno o varios vertimientos que por su difícil acceso en esta parte, no se tiene certeza de ello, pero por los valores presentados, como se puede observar en los ejes X y Y, en los cuales se analiza el oxígeno disuelto a medida que la fuente realiza su recorrido se puede observar que para este caso las condiciones que presenta la quebrada se tornan muy bajas , concentración de 2.0 mgO<sub>2</sub>/L en razón a que se encuentra en condiciones críticas , por lo que al contarse con una velocidad muy mínima y un caudal muy pequeño , posiblemente podría presentarse que la quebrada no tenga la capacidad de recuperación rápida y asimilación de la mejor manera de estas descargas, además de que se presume según lo observado en campo que no hay existencia de especies acuáticas , otro factor importante que indica la mala calidad que posee la quebrada, además según la modelación realizada para este punto inicial (conjunto residencial Bariloche) arrojó que la recuperación que puede estar generando la quebrada de manera autónoma , está dada mediante una re aireación 15 km aguas abajo y realizándose de manera muy lenta por la ausencia de caídas para generar una re aireación y de una velocidad mayor [56].



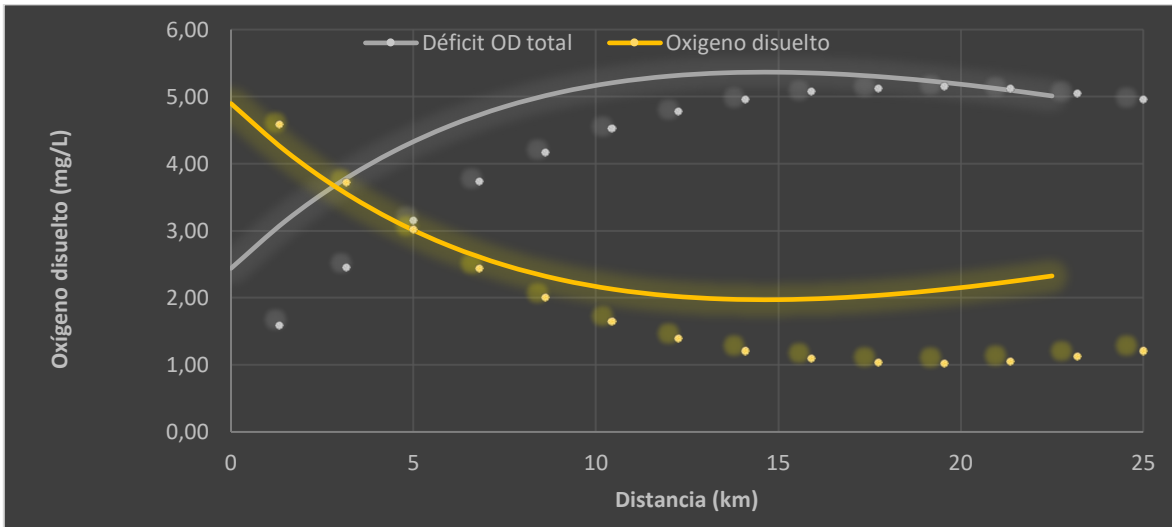
Grafica 3. Oxígeno disuelto vs distancia (conjunto residencial Torres del Bosque)



Fuente: propia

En la gráfica 3 se puede observar que en el punto de vertimiento del conjunto residencial Torres del Bosque, aunque las condiciones que presenta referido a su concentración de OD se encuentra en condiciones casi normales, un valor correspondiente a 6,5 mgO<sub>2</sub>/L según lo observado en el eje Y perteneciente al oxígeno suelto, muy cercano a unas condiciones normales de concentración de 7.0 y 8.0 mg/L, podría pensarse que por la alta pluviosidad, que se había presentado días anteriores al momento de recolectar las muestras podría haber generado un proceso de re aireación, y además que aguas arriba y aguas abajo se evidencian más caídas para procesos de re aireación a comparación del punto del conjunto residencial Bariloche, por lo cual pudo probablemente haber ayudado a que el OD aumentara, sin embargo también se evidencia una notable disminución en su OD a medida que sigue fluyendo su cauce, y que su proceso de recuperación o re aireación sigue siendo muy lento por la influencia de descargas domésticas en su trayecto, empezando su recuperación a partir del km 19. [56] [57]

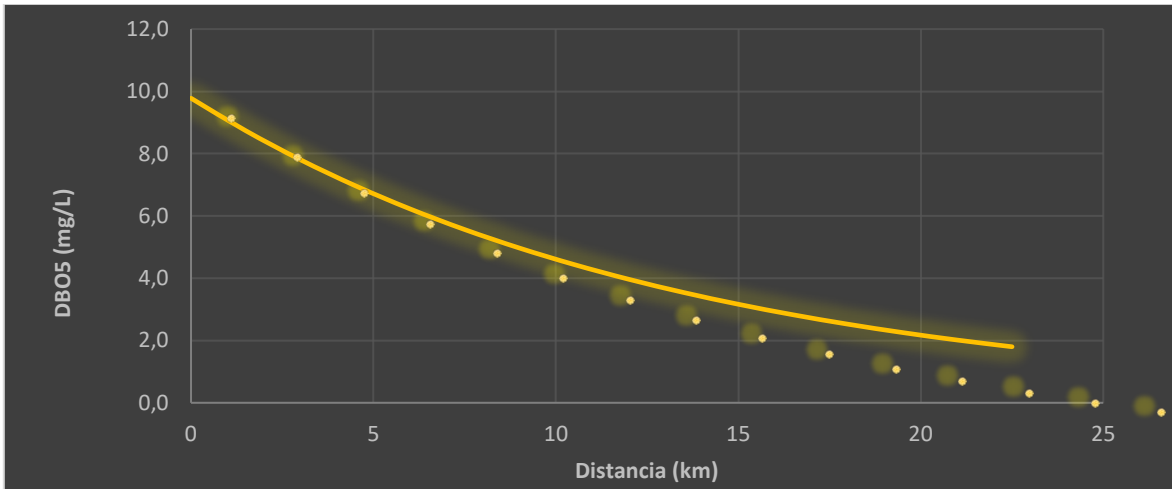
Grafica 4. Oxígeno disuelto vs distancia (parcelación quintas del bosque)



Fuente: propia

Finalmente para el punto de la parcelación Quintas del Bosque, se puede observar en la gráfica 5 que se ha generado una disminución del OD, coincidiendo con los anteriores puntos de vertimiento, además que la quebrada se encuentra en condiciones desfavorables y críticas a medida que sigue su trayecto, debido a la poca asimilación que tiene de los vertimientos directos de tipo domestico que caen directamente sin un tratamiento previo, en la cual alcanza un punto crítico de 2.0 mg/L , afirmando que cuando una corriente de agua que no está contaminada recibe un vertimiento de aguas residuales, la concentración de OD que se presenta aguas arriba de la descarga hace que el contenido de materia orgánica presente un ascenso y que además de ello se genere turbiedad debido al contenido de sólidos y que la materia orgánica sirve de alimento para los organismos, por lo cual el consumo de oxígeno se consumen en grandes cantidades originando su agotamiento. Por otra parte las bajas concentraciones que ha presentado el tramo de estudio referido a oxígeno disuelto, denota que no es posible la vida acuática ya que se encuentra por debajo de los 4 mg/L y que para el caso de este último vertimiento su proceso de re aireación da inicio a una distancia de 19.5 km. [58]

Grafica 5.  $DBO_5$  Vs distancia (Conjunto residencial Bariloche, Conjunto Residencial Torres del Bosque, Parcelación Quintas del Bosque)



Fuente: propia

Por otra parte referido a la gráfica 5 , se presentó la misma grafica debido a que para los 3 casos no se encuentra una variación de datos del eje X y Y respecto a esta gráfica, por lo que se puede observar una disminución en la  $DBO_5$  en su trayecto, debido a las condiciones que se presentaron al momento de generar los monitoreos en campo, lo cual fue realizado en época de altas precipitaciones, razón por la cual los resultados arrojados pueden tornarse un poco distorsionados, ya que al generarse un aumento en las precipitaciones, el caudal que presenta la quebrada va a ser aún mayor que en condiciones normales, en las cuales la precipitación es baja, y por lo tanto, al aumentar la velocidad de la quebrada , aumenta su oxígeno disuelto , todo ello debido a la aireación que se está generando y por consiguiente se deduce que es el motivo por el cual se ha generado una disminución en la  $DBO_5$ .

#### 4.8. MEDIDAS CONTINGENTES PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS VERTIMIENTOS Y SU RONDA HIDRICA

Teniendo en cuenta las actividades anteriores realizadas para cumplir con los objetivos, se toma como referencia el grado de contaminación que se presenta en la fuente hídrica por cuanto es necesario considerarlo, ya que su calidad se encuentra en pésimas condiciones , motivo por el cual se dio inicio a la formulación de las siguientes medidas contingentes con las que se busca mejorar las condiciones en relación con la afectación de la quebrada garrochal y además considerando como una parte fundamental en este proceso, la cual es que pueden ser aplicadas por la población en general en colaboración con autoridades competentes en el área (CRC, Alcaldía Municipal, Gobernación, Empresa de acueducto y alcantarillado).

A continuación se muestran algunas medidas a tener en cuenta para mejorar las condiciones que presenta este tramo de estudio y con ello ofrecer una base para

un estudio posterior para su aplicación, dentro de las medidas se encuentran las siguientes:

#### **4.8.1. Restauración de áreas de ronda que presentan erosión superficial mediante la plantación de especies**

Es de vital importancia generar procesos de reducción de los impactos generados por la erosión, ya que la calidad del agua también se puede ver afectada por las condiciones de su entorno, con lo cual se busca limitar la intensidad de la afectación, mediante actividades o procesos que ayuden a la regeneración natural y con ello se pueda dar inicio a la recuperación del área. Para el tramo de estudio referido a la ronda hídrica se plantea en el margen izquierdo y en el derecho, presentando la excepción para la parcelación quintas del bosque ubicado en el margen derecho que por encontrarse dentro de la franja protectora, no cuenta con espacio disponible. Además es de considerar que el margen izquierdo presenta una mayor disponibilidad de espacio, en comparación con el margen derecho que no presenta la misma condición por la cercanía de áreas urbanas. Para el manejo de área de ronda que han sido afectadas por la erosión se ha propuesto la plantación de algunos arreglos florísticos, los cuales se sugiere ubicarlos a 1.5 m de la quebrada (margen derecho e izquierdo) divididos en zona 1 (margen izquierdo) y zona 2 (margen derecho) con una distancia entre las 2 zonas de 3 m y entre especies de la misma zona de 1.5 m respectivamente, los anteriores arreglos se encuentran estipulados en la guía de restauración de áreas de ronda y nacederos del distrito capital, y se presentan las siguientes especies:

- Chusque (Chusquea Sp)
- Tinto (Cestrum buxifolium)
- Chilco (Baccharis latifolia)
- Mora (Rubus Spp)

Para la zona 1 se realiza la selección del chusque debido a que tiene la característica o funcionalidad de ayudar a amarrar el suelo y protegerlo contra la erosión hídrica, igualmente ayuda al establecimiento del tinto, que sirve de alimento para aves.

Para la zona 2 se tiene el chilco que posee un sistema radicular, el cual permite controlar la erosión, como las mencionadas anteriormente, adicional a esto las plantas mencionadas favorecen a la conformación de suelo debido al aporte de materia orgánica que estas le generan al suelo, y por último se tiene la mora que actúa como una barrera física para aislar el área afectada por la erosión y al igual que el tinto ofrece alimento y refugio para las aves [59].

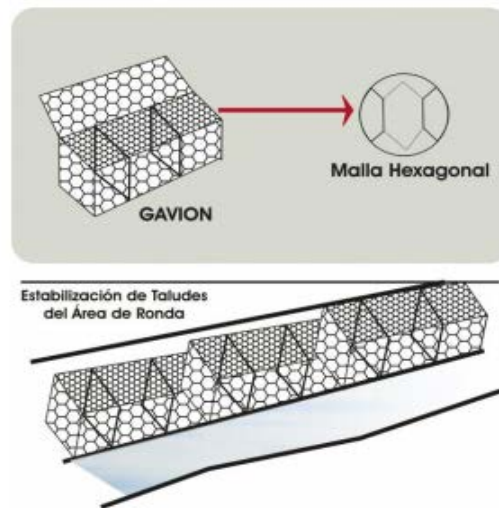
#### **4.8.2. Restauración de áreas de ronda que presentan erosión superficial mediante prácticas físicas para su control**

Las practicas físicas para reducción de la erosión de la zona, son medidas orientadas a la conservación y protección de la ronda hídrica, lo cual nos permitirá,

generar una adecuación en el terrero buscando modificar los factores desfavorables del mismo, además de reducir la tasa de sedimentos que llegan al curso de agua y finalmente adecuar el terreno para realización de la plantación en la zona, dentro de las practicas físicas para dicho control se sugiere las siguientes:

- a) **Gaviones:** son mallas de forma rectangular hechas en alambre galvanizado las cuales se ubican en las orillas de los ríos y tienen la función de detener el deslizamiento superficial de los taludes, produciendo el efecto de muro de contención lo que permite estabilizar la zona, para el tramo de estudio pueden ser implementadas sobre todo en la parte media y final del tramo para evitar la continuación de la erosión y deslizamiento hacia fuente hídrica generando algún taponamiento y/o represamiento de sus aguas [59].

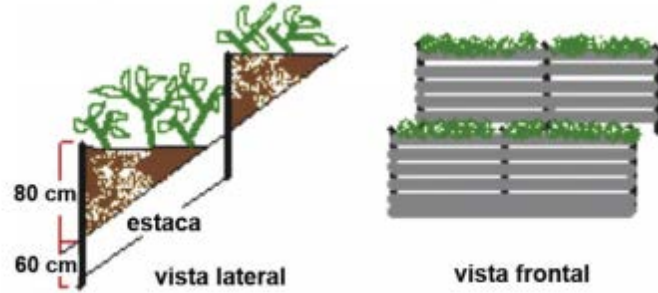
*Imagen 10. Formación de gavión*



**Fuente: Guía técnica para la restauración de las rondas hídricas y nacederos del distrito capital [59].**

- b) **Trinchos:** barreras que se construyen de forma transversal siguiendo las curvas de nivel sobre una ladera, mediante la construcción de estos trinchos pretende reducir la tasa de sedimentos que llega al curso hídrico, generar este tipo de estructuras en las orillas de los cauces amplios crea un ambiente propicio y apoya al desarrollo de la vegetación en zonas que han sido afectadas por la erosión [59].

Imagen 11. Formación de trinchos



**Fuente: Guía técnica para la restauración de las rondas hídricas y nacederos del distrito capital [59].**

#### **4.8.3. Volante informativo (cuidado de las rondas de las fuentes hídricas)**

teniendo en cuenta la afectación que se ha venido generando en la quebrada Garrochal se formuló un volante informativo como una medida contingente, que contiene información referente al cuidado de las rondas de las fuentes hídricas [59] para con ello disminuir las afectaciones que se están generando y que la población pueda tener conocimiento de algunas prácticas o acciones sencillas para tener en cuenta al momento de realizar una construcción cerca de una fuente hídrica (Río, quebrada, arroyo) para su cuidado y preservación (Ver Anexo 22). Adicional a ello se sugiere la plantación de especies que permitan crear un corredor ecológico que sea paisajísticamente armónico, de modo que se cree una zona de transición entre el área rural y el área urbana, por lo que al tratarse de un área de expansión urbana para la restauración de esta, se recomienda el uso de especies que sean (ornamentales, que soporten niveles de contaminación, que permitan visibilidad, que puedan presentar usos alternativos por medio de la extracción de frutos secundarios, que sean aceptadas por las comunidades aledañas a la ronda hídrica), teniendo en cuenta lo anterior se sugiere las siguientes especies:

- Duraznillo (*Abatia parviflora*): se recomienda su plantación debido a que es una especie ornamental, brinda alimento a la fauna y a los insectos, es útil en la conservación, protección y restauración de rondas y nacederos
- Sietecueros (*Tibouchina* sp): se sugiere su plantación por tratarse de una especie ornamental
- Cajeto (*Citharexylum subflavescens*): es un árbol que puede ser utilizado como cerca viva en proyectos de restauración ecológica y también como ornamental.
- Guadua (*Guadua angustifolia*): es una especie botánica que puede ser utilizada en protección de cuencas y riberas de ríos, quebradas, además de que funciona como cerca viva para la conservación de la misma
- Nacadero (*Trichanthera gigantea*): es una especie de planta que es usada comúnmente como cerca viva y especialmente para el mantenimiento y

conservación de fuentes de agua, también ayuda a la recuperación de áreas erosionadas.

Por ultimo si es posible se sugiere la instalación de un cercado en la zona para impedir la entrada de animales, impedir el tráfico o ingreso de personas en la misma y además de la protección y conservación de los 30 metros de la franja protectora.

### **Instructivo para mejorar la calidad de los vertimientos**

Para poder disminuir la carga orgánica que está siendo arrojada a la quebrada Garrochal se formuló el instructivo para mejorar la calidad de los vertimientos [60], el cual contiene pasos a seguir o indicaciones de actividades sencillas para realizar desde el hogar y con ello ayudar a que esto permita la reducción de la carga orgánica contaminante que está siendo arrojada por el alcantarillado y que se conduce directamente en la fuente hídrica (Ver Anexos 23,24)

## **CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

Las condiciones que presenta la zona de estudio según la evaluación ambiental realizada en la quebrada Garrochal evidencia una alteración en este recurso hídrico debido al vertimiento de aguas residuales domésticas provenientes de las comunidades aledañas o ubicadas en la ronda hídrica, lo cual se vio constatado en el índice de calidad general, y se pudo verificar en campo por la presencia de malos olores y de descargas directas a la fuente hídrica,.

El índice ICOMO presentó inicialmente un valor de 0.45 para el primer punto de vertimiento, disminuyendo 0.15 para el segundo punto, presentando una variación en sus valores hasta el punto final, con lo que evidencia una contaminación por materia orgánica a medida que se genera una descarga y que en 2 de sus puntos la re aireación es casi nula o muy lenta. La quebrada Garrochal presenta actualmente un índice de contaminación por materia orgánica ICOMO promedio de 0.41 en el tramo de estudio, mostrando un grado de afectación medio, concluyendo que los resultados obtenidos, demuestran un deterioro en la calidad de las aguas de la microcuenca relacionada con la materia orgánica que aportan las descargas directas de tipo doméstico.

El índice ICOPH, arrojó valores entre 6-7 lo cual ha indicado que para el parámetro físico químico referido a pH, la contaminación que se genera es mínima porque no se está generando acidez o basicidad, aunque se esté generando alteración en las condiciones organolépticas del recurso hídrico de esta quebrada, para el pH no hay una varianza o un cambio significativo.

Se determinó mediante el empleo del modelo de Streeter and Phelps que las condiciones que presenta el tramo de estudio son malas debido a que se generan varias descargas directas en su trayecto, con lo cual el OD va disminuyendo con su recorrido, y que por el bajo caudal y velocidad que presenta la fuente no es posible que se genere una re aireación de manera rápida, que permita asimilar y recuperar sus condiciones ideales antes de tener otra descarga de agua residual doméstica.

Las medidas contingentes formuladas pueden ayudar en gran medida a la disminución de la contaminación generada debido a que se estaría reduciendo la carga orgánica y preservando la fuente hídrica mediante lo estipulado en ellas, pero no es una solución definitiva para ello, ya que necesitaría un tratamiento de las aguas residuales que están siendo generadas para una mejoría más notoria.



## 5.2. RECOMENDACIONES

Se sugiere para futuros análisis ampliar el rango de estudio preferiblemente considerando desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Sate, aumentando las estaciones de monitoreo, con el objetivo de identificar las zonas que presentan mayor aporte de contaminantes de tipo doméstico sobre la fuente hídrica y además se requiere una caracterización físico química y microbiológica de los vertimientos domésticos sobre la quebrada Garrochal.

Se deben ampliar los estudios en las diferentes fuentes hídricas de la ciudad de Popayán-Cauca, debido a que los vertimientos generados en el perímetro urbano y rural son netamente dirigidos a estas fuentes sin un previo tratamiento, además de sugerir la implementación de sistemas de tratamiento de sus aguas residuales en las áreas residenciales aledañas a las fuentes hídricas que realicen descarga directa con la finalidad de disminuir la carga contaminante que está siendo aportada por cada uno de ellos.

Sugerir a la alcaldía de Popayán la pronta actualización del Plan de ordenamiento territorial (POT) con el cual se permita tener datos actualizados para poder generar un estudio más eficaz y que sirva de insumo para la generación de planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas.

El modelo de Streeter and Phelps es recomendable para proyectos de bajo costo en donde solo se requiera modelar OD y  $DBO_5$  con los cuales se obtienen resultados satisfactorios.

el modelo de Streeter and Phelps es una herramienta de gran utilidad para modelar en corrientes de agua superficial, debido a que no necesita gran cantidad de datos para poder realizarla, por consiguiente es necesario aplicarla en otros tramos de esta quebrada para conocer la calidad que presenta la quebrada en su totalidad y en otras fuentes de la ciudad que se evidencien descargas de aguas residuales domésticas, que es lo que se genera con mayor intensidad y frecuencia en la ciudad, ya que su uso es necesario para futuras investigaciones, estudios y/o planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas (POMCH).

Se sugiere a la población de estudio acatar las medidas contingentes formuladas en el volante e instructivo, para la disminución de la carga orgánica que está siendo vertida o la solicitud de conexión a la red de alcantarillado que pueda conectarse según la cota, de no ser así buscar la manera de construir un sistema de tratamiento aguas residuales (STAR) para cada conjunto residencial.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. d. M. Ambiente, «Gestión para el Manejo, Tratamiento y Disposición Final de Aguas Residuales Municipales,» (ma) ministerio de Medio Ambiente, Bogotá, 2002.
- [2] O. M. d. I. s. y. ONU-HABITAD, «Progreso en el Tratamiento de las Aguas Residuales,» un water , 2018.
- [3] E. corcoran, «sick water? the central role of waste water management in sustainable development,» *uno habitad*, p. 3, 2010.
- [4] C. L. Perez, «MANEJO DE VERTIMIENTOS Y DESECHOS EN COLOMBIA UNA VISION GENERAL,» *EPSILON REVISTA DE LAS FACULTADES DE INGENIERIA*, vol. I, nº 009, p. 96, 2007.
- [5] p. c. y. valle, «seguimiento y control a plantas de tratamiento de aguas residuales del Cauca,» *PROCLAMA DEL CAUCA Y VALLE* , 22 ENERO 2015.
- [6] F. A. R. d. Moreno, «LIMPIEZA DEL CAUCE Y MARGENES DE LAS QUEBRADAS QUITACALZON Y GARROCHAL EN LA COMUNA 2 COMO MEDIDA PARA LA REDUCCION DEL RIESGO DE DESASTRES POR INUNDACION EN EL MUNICIPIO DE POPAYAN DEL CAUCA,» POPAYAN , 2014.
- [7] J. P. Rodriguez Miranda y J. M. Garzon Gutierrez, «Gestión ambiental de aguas residuales industriales con mercurio proveniente,» *Universidad y Salud*, 2014.
- [8] DANE, «Censo Nacional de Población y Vivienda,» Colombia, 2018.
- [9] Superintendencia De Servicios Publicos Domiciliarios, «Estudio Sectorial de los servicios publicos domiciliarios de Acueducto y Alcantarillado,» Bogotá D.C, 2016.
- [10] Acodal, «70% De Las Aguas Servidas En El Pais No Son Tratadas y Generan Contaminación: Acodal,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.acodal.org.co/70-de-las-aguas-servidas-en-el-pais-no-son-tratadas-y-generan-contaminacion-acodal/>. [Último acceso: 10 septiembre 2019].
- [11] Alcaldia Municipal De Popayán, Secretaria De Planeación, «Anexo 6 Plan de Ordenamiento Territorial POT,» Popayán, 2002.

- [12] Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Consulta Catastral, Popayán-Cauca, 2020.
- [13] Superintendencia De Servicios Publicos Domiciliarios, «Evaluación Integral De Prestadores De Acueducto y Alcantarillado De Popayán S.A E.S.P. (AAPSA E.S.P.),» Bogota, 2018.
- [14] C. A. G. J. C. G. Juan P Rodriguez, «Enfermedades Transmitidas por el agua y saneamiento basico en colombia,» *Revista Salud Publica* , vol. 18, nº 5, 2016.
- [15] DANE, «RESULTADOS CENSO NACIONAL DE POBLACION Y VIVIENDA 2018,» POPAYAN , 2019.
- [16] DANE, «CENSO GENERAL 2005,» POPAYAN , 2005.
- [17] WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hidricos de las Naciones Unidas), Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos, 2017: Aguas residuales: el recurso no explotado, Paris: Unesco, 2017.
- [18] L. Quiroz, E. Izquierdo y C. Menendez, «Estudio Del Impacto Ambiental Del Vertimiento De Aguas Residuales Sobre La Capacidad De Autodepuracion Del Rio PortoViejo, Ecuador,» *Centro Azúcar*, vol. 45, pp. 73-83, 2018.
- [19] G. Velásquez, Evaluacion Del Manejo y Saneamiento De Vertimientos Municipales Basados En El Marco Del Cumplimiento De La Resolución 631 Del 17 De Marzo De 2015- Estudio De Caso- Departamento Del Tolima, Universidad Nacional De Colombia Manizales, Facultad De Ingenieria y Arquitectura, 2015.
- [20] J. J. Feria Diaz, D. Náder Salgado y S. J. Meza Perez, «Tasas de desoxigenación y reaireación para el río Sinú,» *INGENIERIA Y DESARROLLO* , vol. 35, nº 1, 2017.
- [21] A. S. SANTIAGO AGUILAR MARTINEZ, evaluación del impacto por vertimientos de aguas residuales domesticas, mediante la aplicacion del indice de contaminacion icomo en caño grande localizado en villavicencio meta, villavicencio : universidad santo tomas, facultad de ingenieria ambiental , 2018.
- [22] d. r. c. s. y. erazo, modelación de la calidad del agua del rio molino en el area urbana de ciudad popayan cauca, popayan: corporación

universitaria autonoma del cauca, facultad de ciencias ambientales y desarrollo sostenible, 2017.

- [23] C. S. C. J. F. C. RAMIREZ, evaluación ambiental de la planta de tratamiento de agua residual del frigorífico ubicada en el barrio la plazuela del municipio de restrepo meta, villavicencio : universidad cooperativa de colombia, facultad de ingenierias , 2018.
- [24] A. J. Henao Mera y G. A. Rodriguez, «Los Retos Ambientales En Materia De Vertimientos,» *Semana*, 07 Julio 2016.
- [25] L. E. Segura Triana, *Estudio de Antecedentes Sobre La Contaminación Hidrica En Colombia*, Bogota, 2007.
- [26] L. S. CONTRERAS, «los ambientes contaminantes antropogenicos, una consecuencia de la existencia del hombre en la tierra,» *TECNOGESTION* , vol. III, nº 1, 2006.
- [27] Asociación Nacional De Industriales, Manual De Caracterizacion De Aguas Residuales Industriales, Medellin, 1997.
- [28] «GESTION EN RECURSOS NATURALES,» 2015. [En línea]. Available: <https://www.grn.cl/evaluacion-ambiental.html>. [Último acceso: 14 Feb 2020].
- [29] R. R. M. C. RAMIRES, «INDICES DE CONTAMINACION PARA CARACTERIZACION DE AGUAS CONTINENTALES Y VERTIMIENTOS. FORMULACIONES,» *SCIELO* , vol. I, nº 5.
- [30] D. Zuñiga Valenzuela, «Streeter Phelps for River Purification -MATLAB,» Julio 2012. [En línea]. Available: [https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:27\\_qWhjvNhMJ:https://es.scribd.com/doc/100554847/Modelacion-mediante-metodo-Streeter-Phelps-para-la-purificacion-de-un-rio+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co](https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:27_qWhjvNhMJ:https://es.scribd.com/doc/100554847/Modelacion-mediante-metodo-Streeter-Phelps-para-la-purificacion-de-un-rio+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co).
- [31] C. A. Atencia Berbeci, Diagnostico De La Contaminación Por Vertimientos De Aguas Residuales Domesticas Y Residuos Domesticos Sobre La MicroCuenca MonteAdentro Hasta El Sector De La Bocatoma Del Acueducto De La Ciudad De Pamplona, Universidad Libre De Colombia Cúcuta, Facultad de Ingenieria Ambiental, 2007.
- [32] Ministerio De Ambiente y Desarrollo Sostenible, DECRETO 2245 de 2017 " Por el Cual se Reglamenta el Artículo 206 De La Ley 1450 de 2011 y Se Adiciona Un Seccion Al Decreto 1076 de 2015, Decreto Unico

Reglamentario Del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible", Bogota: Diario Oficial, 2017.

- [33] Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible, Resolución 957 de 2018 " Por La Cual Se Adopta La Guia Técnica De Criterios Para El Acotamiento De Las Rondas Hidricas En Colombia y Se dictan Otras Disposiciones", Bogota: Diario Oficial, 2018.
- [34] Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible, «Documentacion De Agua: Vertimientos De Aguas Residuales,» [En línea]. Available: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/listados/tematica2.jsp?subtema=20577&cadena=a>. [Último acceso: 05 Oct 2019].
- [35] A. D. POPAYAN, «ALCALDIA MUNICIPAL POPAYAN,» DICIEMBRE 2013 . [En línea]. Available: <http://www.popayan.gov.co/ciudadanos/popayan/nuestra-geografia>. [Último acceso: 21 ENERO 2021].
- [36] IDEAM, «Metodologia Corine Land Cover,» 1990. [En línea]. Available: <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/metodologia-corine-land-cover>. [Último acceso: 15 Feb 2020].
- [37] M. Y. E. A. ( I. INSTITUTO DE HIDROLOGIA, «METODOLOGIA CORINE LAND COVER ADAPTADA PARA COLOMBIA ESCALA 1:100000,» IDEAM , MAGDALENA , 2004.
- [38] Ministerio de medio ambiente y recursos naturales, «Indice General De Calidad Del Agua "ICA",» [En línea]. Available: <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf>. [Último acceso: 02 Oct 2019].
- [39] Universidad de pamplona, «Indices De Calidad (ICAs) y De Contaminación (ICOs) De agua De Importancia A Nivel Mundial,» [En línea]. Available: [http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home\\_10/recursos/general/pag\\_contenido/libros/06082010/icatest\\_capitulo3.pdf](http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo3.pdf). [Último acceso: 02 Oct 2019].
- [40] J. P. Carreño, Modelación De La Calidad De la Quebrada BuenaVista Municipios De Filandia Y Quimbaya Departamento Del Quindio, Corporación Autonoma Regional Del Quindio, 2015.
- [41] J. C. Pazmiño Rodriguez, G. L. Zambrano Ganchozo y H. A. Coello Burgos, Modelización de la calidad del agua del estero aguas

Claras,canton Quevedo, vol. 85, Canton Quevedo: Universidad Nacional De Colombia, 2018.

- [42] M. Aguirre Gomez, *Streeter and phelps*, Popayán: Universidad Del Cauca, 2017.
- [43] Ministerio de Agricultura , decreto 1449 de 1977 " por el cual se reglamenta parcialmente el inciso 1 del numeral 5 del articulo 56 de la ley 135 de 1961 y el decreto ley numero 2811 de 1974", BOGOTA : Diario Oficial , 1977.
- [44] ALCALDIA MUNICIPAL DE POPAYAN , «PLAN OPERATIVO AIEPI,» secretaria de salud municipal , Popayan , 2012.
- [45] A. a. y. R. P. Sandra Lorena garcia, «factores que influyen en el PH del agua mediante la aplicacion de modelos de regresion lineal,» *innova researc journal*, vol. IV, nº 2, pp. 59-71, 2019.
- [46] USGS science for a chaning worl, «water usgs,» [En línea]. Available: <https://water.usgs.gov/gotita/characteristics.html>. [Último acceso: 17 05 2021].
- [47] Ministerio de Agricultura , dec 1594 Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto en cuanto a usos del agua y residuos líquidos, bogota : Diario oficial , 1984.
- [48] Ministerio de Agricultura y Riego del Peru, «metodologia para la determinacion de la calidad de agua de los recursos hidricos superficiales en el ´peru ( ICA-PE),» autoridad nacional del agua, lima , 2009.
- [49] C. H. C. Y. P. P. Patricio Torres, «indices de calidad agua de fuentes superficiales utilizadas en la produccion de agua para consumo humano,» *Revista de Ingenierias Universidad de Medellin* , vol. 8, nº 15, pp. 79-94, 2009.
- [50] A. N. A. G. Jhonny Perez, «Analisis Comparativo del indicdes de calidad de Agua Aplicados a Rio Rancheria , la Guagira-Colombia,» *scielo* , vol. 29, nº 3, 2018.
- [51] J. S. C. Arias, «Determinacion y Evaluacion de Indices de Contaminacion (ICOs) en Cuerpos de Agua,» universidad militar nueva granada, zipaquira , 2014.

- [52] Y. M. B. J. A. L. F. I. M. R. CASTILLO, «Calidad Bacteriologica del Agua de los Rios Manaure y Casacara departamento cesar colombia,» *Revista cientifica lun azul* , nº 47, 2017.
- [53] sensores e instrumentacion gemisa S.L., «Oxigeno Disuelto,» sensores e instrumentacion gemisa S.L., matrid .
- [54] L. V. S. V. L. S. Lina Maria Ramos, «Analisisales de la contaminacion microbiologica ( coliformes totales y fecales) en la Bahia de santa marta,» *ACTA BIOL COLOMBIA* , vol. XIII, nº 3, pp. 87- 98, 2008.
- [55] E. U. Urrego, «determinacion del comportamiento del oxigeno disuelto en el cuenca alta del rio Tunjuelo mediante lautilizacion de las ecuaciones de streeter and phelps,» *UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA*, vol. I, nº 1, 2017.
- [56] CORTOLIMA , «CALIDAD DE AGUAS,» CORTOLIMA , TOLIMA , 2005.
- [57] S. P. E. LEITON, determinación de la capacidad de oxigenacion y desoxigenacion del rio fucha, bogota: universidad piloto de colombia , 2017.
- [58] L. E. G. Duran, «Evaluacion de la Calidad de Agua de Rios de Colombia utilizando parametros fisicoquimicos y biologicos,» *Dinamica Ambiental*, vol. I, nº 1, 2016.
- [59] Colombia, Departamento Tecnico Administrativo Del Medio Ambiente, Guia tecnica para la restauración de Areas de Rondas y nacederos del distrito capital, Bogota D.C, 2018.
- [60] Alcaldia De Bogota, Secretaria Distrital de integraci3n social, «Instructivo para mejorar la calidad de los vertimientos,» Bogota, 2018.

## ANEXOS

*Anexo 1. Codificación de las unidades de coberturas de la tierra de acuerdo con la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia.*

CLC Colombia
<b>1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS</b>
1.1. Zonas urbanizadas
1.1.1. Tejido urbano continuo
1.1.2. Tejido urbano discontinuo
1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación
1.2.1. Zonas industriales o comerciales
1.2.2. Red vial, ferroviarias y terrenos asociados
1.2.3. Zonas portuarias
1.2.4. Aeropuertos
1.2.5. Obras hidráulicas
1.3. Zonas de extracción minera y escombreras
1.3.1. Zonas de extracción minera
1.3.2. Escombreras y vertederos
1.4. Zonas verdes artificializadas, no agrícolas
1.4.1. Zonas verdes urbanas
1.4.2. Instalaciones recreativas
<b>2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS</b>
2.1 Cultivos anuales o transitorios
2.1.1 Otros cultivos anuales o transitorios
2.1.2 Algodón
2.1.3 Amez
2.1.4 Papa
2.2 Cultivos permanentes
2.2.1 Otros cultivos permanentes
2.2.2 Caña de azúcar
2.2.3 Caña panelera
2.2.4 Banano y plátano
2.2.5 Café
2.2.6 Cacao
2.2.7 Palma africana
2.2.8 Frutales
2.2.9 Cultivos confinados
2.3 Pastos
2.3.1 Pastos limpios
2.3.2 Pastos arbolados
2.3.3 Pastos enmalezados o enrastrados
2.4 Áreas agrícolas heterogéneas
2.4.1 Mosaico de cultivos
2.4.2 Mosaico de pastos y cultivos
2.4.3 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales
2.4.4 Mosaico de pastos con espacios naturales

**Fuente: Metodología CORINE LAND COVER**



*Anexo 2. Continuación Codificación de las unidades de coberturas de la tierra de acuerdo con la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia.*

<b>CLC Colombia</b>
<b>3. BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES</b>
<b>3.1. Bosques</b>
3.1.1. Bosque natural denso
3.1.2. Bosque natural fragmentado
3.1.3. Bosque de galería y/o ripario
3.1.4. Bosque de mangle
3.1.5. Bosque Plantado
<b>3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva</b>
3.2.1. Pastos naturales y sabanas
3.2.2. Arbustos y matorrales
3.2.3. Vegetación esclerófila y/o espinosa
3.2.4. Vegetación de páramo y subpáramo
3.2.5. Vegetación rupícola
<b>3.3. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación</b>
3.3.1. Playas, arenales y dunas
3.3.2. Afloramientos rocosos
3.3.3. Tierras desnudas o degradadas
3.3.4. Zonas quemadas
3.3.5. Zonas glaciares y nivales
<b>4. ÁREAS HÚMEDAS</b>
<b>4.1. Áreas húmedas continentales</b>
4.1.1. Zonas Pantanosas
4.1.2. Turberas
4.1.3. Esteros
4.1.4. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
<b>4.2. Áreas húmedas costeras</b>
4.2.1. Marismas costeras
4.2.2. Salinas
4.2.3. Zonas intermareales
<b>5. SUPERFICIES DE AGUA</b>
<b>5.1. Aguas continentales</b>
5.1.1. Ríos (50 m)
5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales
5.1.3. Canales
5.1.4. Embalses y cuerpos de agua
<b>5.2. Aguas marítimas</b>
5.2.1. Lagunas costeras
5.2.2. Estuarios
5.2.3. Mares y océanos
5.2.4. Estanques para acuicultura

**Fuente: Metodología CORINE LAND COVER**

*Anexo 3. Conversión de Coordenadas geográficas a planas del Área de estudio*

PUNTO DE MUESTREO	LATITUD	LONGITUD	ESTE (X):	NORTE (Y):
Aguas arriba	2° 28' 55" N	76° 34' 43" W	324481,50	274435,90
Vertimiento	2° 28' 56" N	76° 34' 46" W	324388,90	274466,70
Aguas Abajo	2° 28' 56" N	76° 34' 50" W	324274,50	274465,60
Aguas Arriba	2° 28' 56" N	76 ° 34' 52" W	324208,90	274481,30
Vertimiento	2° 28' 57" N	76 ° 34' 54" W	324148,10	274510,50
Aguas Abajo	2° 29' 00,2" N	76° 34' 58" W	324024,90	274596,30
Aguas Arriba	2° 29' 02,28" N	76° 35' 08,19" W	323703,60	274660,40
Vertimiento	2° 29' 02,41" N	76° 35' 09,50" W	323663,10	274664,50
Aguas Abajo	2° 29' 02,57" N	76° 35' 11,33" W	323606,60	274669,40

**Fuente: propia**

*Anexo 4. Parámetros In Situ medidos en muestra compuesta del vertimiento del Conjunto Residencial Bariloche.*

<b>HORA</b>	<b>VOLUMEN (L)</b>	<b>TIEMPO (s)</b>	<b>pH</b>	<b>TEMPERATURA (°C)</b>	<b>CONDUCTIVIDAD</b>
8:00	10	46,89	7,45	20,2	37,25
8:20	10	49,7	7,5	20,2	38,4
8:40	10	46,59	6,78	20,2	38
9:00	10	46,59	6,7	20,2	37,8
9:20	10	46,6	7	20,2	38,1
9:40	10	46,6	7	20,5	38,2
10:00	10	46,61	7,15	20,7	38,55
10:20	10	47,12	7,18	20,7	38,55
10:40	10	47,03	7,19	20,8	38,55
11:00	10	46,43	7,15	20,7	38,55
11:20	10	46,8	6,92	20,7	38,6
11:40	10	46,82	7,02	20,7	38,2
12:00	10	45,12	6,98	20,7	37,54
12:20	10	45,03	7,02	20,7	37,7
12:40	10	45	7,06	20,7	38
1:00	10	45,3	6,95	20,6	37,5
1:20	10	46,5	7,04	20,6	37,5
1:40	10	46,56	6,99	20,8	37,7
2:00	10	46,68	7	20,8	37,7

**Fuente: propia**

*Anexo 5. Parámetros In Situ medidos en muestra compuesta del vertimiento del Conjunto Residencial Torres del Bosque.*

HORA	VOLUMEN (L)	TIEMPO (s)	pH	TEMPERATURA (°C)	CONDUCTIVIDAD
8:00	10	3,72	5,26	21	42
8:20	10	3,65	5,02	21	40,6
8:40	10	3,49	5,08	21	43,5
9:00	10	3,49	5,13	21	44,6
9:20	10	3,78	5,12	21,1	44,6
9:40	10	3,78	5,03	21,1	44,6
10:00	10	3,67	5,13	21,2	43
10:20	10	3,75	5,16	21,1	42,2
10:40	10	3,77	5,11	21	42,2
11:00	10	3,66	5,19	21,1	42,3
11:20	10	3,99	4,94	21,1	43,1
11:40	10	3,64	5,02	21	42,5
12:00	10	4,54	4,98	21	42,1
12:20	10	4,04	5,02	21	41,4
12:40	10	4,17	5,06	21	42
1:00	10	4,18	4,95	21,1	41,6
1:20	10	3,52	5,04	21,1	41,7
1:40	10	3,35	4,99	21,1	41,6
2:00	10	3,38	5	21,1	41,6

**Fuente: propia**


*Anexo 6. Parámetros In Situ medidos en muestra compuesta del vertimiento de la parcelación Quintas del Bosque.*

HORA	VOLUMEN (L)	TIEMPO (s)	pH	TEMPERATURA (°C)	CONDUCTIVIDAD
8:00	10	36	7,11	21,6	689,5
8:20	10	36,2	7	21,6	680
8:40	10	36,35	7,12	21,6	688
9:00	10	36,4	6,88	21,6	688,5
9:20	10	36,41	7	21,6	688,5
9:40	10	36,1	7	21,6	688,5
10:00	10	36,25	7,18	21,4	688,5
10:20	10	36,12	7,22	21,5	688,5
10:40	10	36,33	7,19	21,6	690
11:00	10	36,24	7,12	21,2	690,7
11:20	10	36,02	6,95	21,2	689,2
11:40	10	35,5	7,04	21,2	689,9
12:00	10	35,1	6,98	21,2	690
12:20	10	35,1	7,05	20,9	690
12:40	10	35,1	7,07	20,9	690
1:00	10	34,48	7	21,4	688,6
1:20	10	35	7,05	21,4	688,5
1:40	10	35,15	7	21,7	689,1
2:00	10	36,24	7,05	21,2	689

**Fuente: propia**

Anexo 7. Reporte de resultados conjunto residencial Bariloche 1.

Reporte N° 185

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA LABORATORIO AMBIENTAL	Código: FT-PDPA-LA027 Fecha: 10/30/2020 Versión: 4 Página 1 de 2
	<b>REPORTE DE RESULTADOS – MUESTRA DE AGUA</b>	

Fecha: Noviembre 10 de 2020

Cliente: Subdirección Defensa del Patrimonio Ambiental Dirección: Carrera 7 # 1N-28, Popayán	Teléfono: 8333232 Solicitud N°: 130
Municipio de muestreo: Popayán	Fecha de Recepción: 30 de octubre de 2020

Muestreo:

Plan de Muestreo N°	N/A
Fecha de Muestreo	N/A
Lugar de Muestreo	Conjunto residencial Bariloche
Procedimiento de muestreo	N/A
Condiciones ambientales	N/A

Identificación de la muestra

Código Muestra	Sitio de Muestreo	Coordenadas
0413	Vertimiento Conjunto residencial Bariloche	N/A
0414	Aguas arriba Quebrada Garrochal	N/A
0415	Aguas abajo Quebrada Garrochal	N/A

N/A: No Aplica

Variable/Método/Unidad:


Variable	Método	Unidad
DBO <sub>5</sub>	SM5210B/SM4500-OG	mg/L
DQO	SM5220D	mg/L
SST	SM2540D	mg/L
Sólidos sedimentables	SM 2540 F	ml/L
Ortofósforos	SM4500-P E, Modifica	mg PO <sub>4</sub> -P/L
Fósforo Total	SM4500-P B / SM4500-P E	mg PO <sub>4</sub> -P/L
Nitritos	SM 4500-NO <sub>2</sub> -B	mg NO <sub>2</sub> -N/L
Nitratos	SM 4500-NO <sub>3</sub> -B	mg NO <sub>3</sub> -N/L
Nitrógeno Amoniacal	SM 4500-NH <sub>3</sub> F, modificad	mg NH <sub>4</sub> -N/L
Nitrógeno total	SM 4500-N C, modificado	mg N/L
Color	SM 2120 C	UPC
Grasas y Aceites	SM5520D	mg/L
Coliformes Totales	SM 9223 B	UFC/100ml
Coliformes Fecales	SM 9223 B	UFC/100ml

Laboratorio Ambiental: Vivero CRC, Vereda González, Popayán Telefax: 8333232 ext. 231

Fuente: laboratorio Ambiental Vivero CRC

Anexo 8. Reporte de resultados conjunto residencial Bariloche 2

Reporte N° 185

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA LABORATORIO AMBIENTAL	Código: FT-PDPA-LA027 Fecha: 10/30/2020 Versión: 4 Página 2 de 2
	REPORTE DE RESULTADOS – MUESTRA DE AGUA	


Resultados laboratorio:

Fecha de análisis (AAAA-MM-DD)	Variable	Resultados		
		0413	0414	0415
2020-11-05	DBO <sub>5</sub>	10	9.50	9.27
2020-11-05	DQO	<10	< 10	20.5
2020-11-10	SST	35.5	37.3	39.0
2020-11-05	Sólidos sedimentables	< 0.1	< 0.1	< 0.1
2020-11-10	Ortofosfatos	2.10	0.08	0.20
2020-11-10	Fósforo Total	3.11	0.11	0.20
2020-11-06	Nitritos	0.06	< 0.02	0.06
2020-11-06	Nitratos	0.92	< 0.1	0.3
2020-11-06	Nitrógeno Amoniacal	0.44	< 0.1	0.12
2020-11-06	Nitrógeno total	2.63	< 0.5	0.56
2020-11-05	Color	*	30	36
2020-11-17	Grasas y Aceites	< 10	*	*
2020-11-05	Coliformes Totales	*	36200	14000
2020-11-05	Coliformes Fecales	*	400	400

\* Análisis NO realizado

Observaciones:

-Los resultados que se relacionan en este informe hacen referencia únicamente a las muestras analizadas.  
 -Este documento no puede ser reproducido parcial o totalmente sin la debida autorización del Laboratorio Ambiental.

  
 DIEGO ZULUAGA VERA  
 Responsable Laboratorio Ambiental

Laboratorio Ambiental: Vivero CRC, Vereda González, Popayán Telefax: 8333232 ext. 231

Fuente: laboratorio Ambiental Vivero CRC

Anexo 9. Reporte de resultados conjunto residencial Torres del Bosque 1

Reporte N° 571

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA LABORATORIO AMBIENTAL	Código: FT-POPA-LA027
	<b>REPORTE DE RESULTADOS – MUESTRA DE AGUA</b>	Fecha: 13/02/2013
		Versión: 3
		Página 1 de 2

Fecha: Noviembre 12 de 2020.

Cliente: Subdirección Defensa del Patrimonio Ambiental	Solicitud N°: 460
Dirección: Carrera 7 # 1N-28, Popayán	Teléfono: 8333232
Municipio de muestreo: Popayán	Fecha de Recepción: noviembre 02 de 2020.
	Fecha de Análisis: noviembre 02 a noviembre 06.

Muestreo:

Plan de Muestreo N°	N/A
Fecha de Muestreo	N/A
Lugar de Muestreo	Quebrada Garrochal
Procedimiento de muestreo	N/A
Condiciones ambientales	N/A

Identificación de la muestra

Código Muestra	Sitio de Muestreo
1419	Vertimiento conjunto Torres del Bosque
1420	Aguas arriba Quebrada Garrochal
1421	Aguas abajo Quebrada Garrochal


Laboratorio Ambiental: Vivero CRC, Vereda González, Popayán Telefax: 8333232 ext. 231

**Fuente: laboratorio Ambiental Vivero CRC**



Anexo 10. Reporte de resultados conjunto residencial Torres del Bosque 2.

Reporte N° 571

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	Código: FT-POPA-LA027
	LABORATORIO AMBIENTAL	Fecha: 13/02/2013
	REPORTE DE RESULTADOS – MUESTRA DE AGUA	Versión: 3
		Página 2 de 2


Resultados laboratorio:

Variable	Método	Unidad	Resultados		
			1419	1420	1421
pH	SM4500-H B	Unidad	6.60	6.25	6.26
Conductividad	SM 2510 B	µS/cm.	47.4	158	122
DBO <sub>5</sub>	SM5210B/SM4500-OG	mg/L	< 10	< 10	< 10
DQO	SM5220D	mg/L	< 15	< 15	18.8
SST	SM2540D	mg/L	< 10	10.0	9.0
Sólidos sedimentables	SM 2540 F	ml/L	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Ortofosfatos	SM4500-P E, Modifica	mg PO <sub>4</sub> -P/L	1.83	0.12	0.16
Fósforo Total	SM4500-P B / SM4500-P E	mg PO <sub>4</sub> -P/L	2.20	0.36	0.54
Nitritos	SM 4500-NO <sub>2</sub> B	mg NO <sub>2</sub> -N/L	0.02	0.19	0.09
Nitratos	SM 4500-NO <sub>3</sub> B	mg NO <sub>3</sub> -N/L	0.88	< 0.1	< 0.1
Nitrógeno Amoniacal	SM 4500-NH <sub>3</sub> F, modificado	mg NH <sub>4</sub> -N/L	< 0.1	0.89	0.21
Nitrógeno total	SM 4500-N C, modificado	mg N/L	1.44	1.36	0.54
Color	SM 2120 C	UPC	*	24	40
Grasas y Aceites	SM5520D	mg/L	< 10	*	*
Coliformes Totales	SM 9223 B	UFC/100ml	*	39800	11000
Coliformes Fecales	SM 9223 B	UFC/100ml	*	300	300

\* Análisis NO realizado

Observaciones:

- Los resultados que se relacionan en este informe hacen referencia únicamente a las muestras analizadas.
- Este documento no puede ser reproducido parcial o totalmente sin la debida autorización del Laboratorio Ambiental.

  
 DIEGO ZULUAGA VERA  
 Responsable Laboratorio Ambiental

Laboratorio Ambiental: Vivero CRC, Vereda González, Popayán Telefax: 8333232 ext. 231

Fuente: laboratorio Ambiental Vivero CRC

Anexo 11. Reporte resultados parcelación Quintas del Bosque 1.

Reporte N° 188

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA LABORATORIO AMBIENTAL	Código: FT-POPA-LA027
	REPORTE DE RESULTADOS – MUESTRA DE AGUA	Fecha: 11/05/2020 Versión: 4 Página 1 de 2

Fecha: Noviembre 18 de 2020

Cliente: Subdirección Defensa del Patrimonio Ambiental	Solicitud N°: 130
Dirección: Carrera 7 # 1N-28, Popayán	Teléfono: 8333232
Municipio de muestreo: Popayán	Fecha de Recepción: Noviembre 5 de 2020

Muestreo:

Plan de Muestreo N°	N/A
Fecha de Muestreo	N/A
Lugar de Muestreo	Parcelación Quintas del Bosque
Procedimiento de muestreo	N/A
Condiciones ambientales	N/A

Identificación de la muestra

Código Muestra	Sitio de Muestreo	Coordenadas
0416	Vertimiento Parcelación Quintas del Bosque	N/A
0417	Aguas arriba Quebrada Garrochal	N/A
0418	Aguas abajo Quebrada Garrochal	

N/A: No Aplica

Variable/Método/Unidad:

Variable	Método	Unidad
DBO <sub>5</sub>	SM5210B/SM4500-OG	mg/L
DQO	SM5220D	mg/L
SST	SM2540D	mg/L
Sólidos sedimentables	SM 2540 F	ml/L
Ortofosfatos	SM4500-P E, Modifica	mg PO <sub>4</sub> -P/L
Fósforo Total	SM4500-P B / SM4500-P E	mg PO <sub>4</sub> -P/L
Nitritos	SM 4500-NO <sub>2</sub> B	mg NO <sub>2</sub> -N/L
Nitratos	SM 4500-NO <sub>3</sub> B	mg NO <sub>3</sub> -N/L
Nitrógeno Amoniacal	SM 4500-NH <sub>3</sub> F, modificad	mg NH <sub>4</sub> -N/L
Nitrógeno total	SM 4500-N C, modificado	mg N/L
Color	SM 2120 C	UPC
Grasas y Aceites	SM5520D	mg/L
Coliformes Totales	SM 9223 B	UFC/100ml
Coliformes Féciales	SM 9223 B	UFC/100ml

Laboratorio Ambiental: Vivero CRC, Vereda González, Popayán Telefax: 8333232 ext. 231

Fuente: laboratorio Ambiental Vivero CRC

Anexo 12. Reporte resultados parcelación Quintas del Bosque 2.

Reporte N° 168

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA LABORATORIO AMBIENTAL	Código: FT-PDPA-LA027 Fecha: 11/05/2020 Versión: 4 Página 2 de 2
	REPORTE DE RESULTADOS – MUESTRA DE AGUA	

Resultados laboratorio:

Fecha de análisis (AAAA-MM-DD)	Variable	Resultados		
		0416	0417	0418
2020-11-05	DBO <sub>5</sub>	12.0	9.0	11.0
2020-11-05	DQO	<15	< 10	18.8
2020-11-10	SST	14.4	9.5	12.0
2020-11-05	Sólidos sedimentables	< 0.1	< 0.1	< 0.1
2020-11-10	Ortofosfatos	1.72	0.10	0.15
2020-11-10	Fósforo Total	2.12	0.22	0.33
2020-11-06	Nitritos	0.02	0.02	0.08
2020-11-06	Nitratos	1.00	0.4	0.8
2020-11-06	Nitrógeno Amoniacal	< 0.1	< 0.1	< 0.1
2020-11-06	Nitrógeno total	1.50	< 0.5	< 0.5
2020-11-05	Color	*	37	44
2020-11-17	Grasas y Aceites	< 10	*	*
2020-11-05	Coliformes Totales	*	40200	15000
2020-11-05	Coliformes Fecales	*	700	750

\* Análisis NO realizado

Observaciones:

- Los resultados que se relacionan en este informe hacen referencia únicamente a las muestras analizadas.
- Este documento no puede ser reproducido parcial o totalmente sin la debida autorización del Laboratorio Ambiental.

DIEGO ZULUAGA VERA  
 Responsable Laboratorio Ambiental

Laboratorio Ambiental: Vivero CRC, Vereda González, Popayán Telefax: 8333232 ext. 231

Fuente: laboratorio Ambiental Vivero CRC

*Anexo 13. Hoja para el cálculo del "ICA" "Aguas arriba conjunto Bariloche"*

PARAMETRO	VALOR	UNIDADES	Subi	wi	Total
Coliformes Fecales	400	NMP/100 mL	3	0,15	0,45
pH	6,25	unidades de pH	1,63	0,12	0,20
DBO <sub>5</sub>	9,5	mg/ L	1,45	0,1	0,15
Nitratos	0,09	mg/ L	1,57	0,1	0,16
Fosfatos	0,08	mg/ L	1,48	0,1	0,15
Cambio de la temperatura	3	°C	1,53	0,1	0,15
Sólidos disueltos totales	37,3	mg/ L	1,42	0,08	0,11
Oxígeno Disuelto	25	% Saturación	1,58	0,17	0,27
VALOR DEL " ICA "					1,64

**Fuente: propia**

*Anexo 14. Hoja para el cálculo del "ICA" "Aguas abajo conjunto Bariloche"*

PARAMETRO	VALOR	UNIDADES	Subi	wi	Total
Coliformes Fecales	400	NMP/100 mL	3	0,15	0,45
pH	6,68	unidades de pH	1,66	0,12	0,20
DBO <sub>5</sub>	9,27	mg/ L	1,45	0,1	0,15
Nitratos	0,3	mg/ L	1,58	0,1	0,16
Fosfatos	0,2	mg/ L	1,57	0,1	0,16
Cambio de la temperatura	3	°C	1,53	0,1	0,15
Sólidos disueltos totales	39	mg/ L	1,42	0,08	0,11
Oxígeno Disuelto	80	% Saturación	2.15	0,17	0.37
VALOR DEL " ICA "					1.75

**Fuente: propia**

*Anexo 15. Hoja para el cálculo del "ICA" "Aguas arriba conjunto Torres del Bosque"*

PARAMETRO	VALOR	UNIDADES	Subi	wi	Total
Coliformes Fecales	300	NMP/100 mL	3	0,15	0,45
pH	6,25	unidades de pH	1,63	0,12	0,20
DBO <sub>5</sub>	9,5	mg/ L	1,45	0,1	0,15
Nitratos	0,09	mg/ L	1,58	0,1	0,16
Fosfatos	0,12	mg/ L	1,57	0,1	0,16
Cambio de la temperatura	2,8	°C	1,53	0,1	0,15
Sólidos disueltos totales	10	mg/ L	1,42	0,08	0,11
Oxígeno Disuelto	65	% Saturación	2,1	0,17	0,36
VALOR DEL " ICA "					1,73

**Fuente: propia**

*Anexo 16. Hoja para el cálculo del "ICA" "Aguas abajo conjunto Torres del Bosque"*

PARAMETRO	VALOR	UNIDADES	Subi	wi	Total
Coliformes Fecales	300	NMP/100 mL	3	0,15	0,45
pH	6,52	unidades de pH	1,63	0,12	0,20
DBO <sub>5</sub>	9,5	mg/ L	1,45	0,1	0,15
Nitratos	0,09	mg/ L	1,58	0,1	0,16
Fosfatos	0,16	mg/ L	1,57	0,1	0,16
Cambio de la temperatura	3	°C	1,53	0,1	0,15
Sólidos disueltos totales	9	mg/ L	1,42	0,08	0,11
Oxígeno Disuelto	80	% Saturación	2,13	0,17	0,36
VALOR DEL " ICA "					1,73

**Fuente: propia**

*Anexo 17. Hoja para el cálculo del "ICA" "Aguas arriba Parcelación Quintas del Bosque"*

PARAMETRO	VALOR	UNIDADES	Subi	wi	Total
Coliformes Fecales	700	NMP/100 mL	3	0,15	0,45
pH	6,98	unidades de pH	1,72	0,12	0,21
DBO <sub>5</sub>	9	mg/ L	1,43	0,1	0,14
Nitratos	0,4	mg/ L	1,58	0,1	0,16
Fosfatos	0,1	mg/ L	1,57	0,1	0,16
Cambio de la temperatura	3,1	°C	1,52	0,1	0,15
Sólidos disueltos totales	9,5	mg/ L	1,42	0,08	0,11
Oxígeno Disuelto	53	% Saturación	1,91	0,17	0,32
VALOR DEL " ICA "					1,70

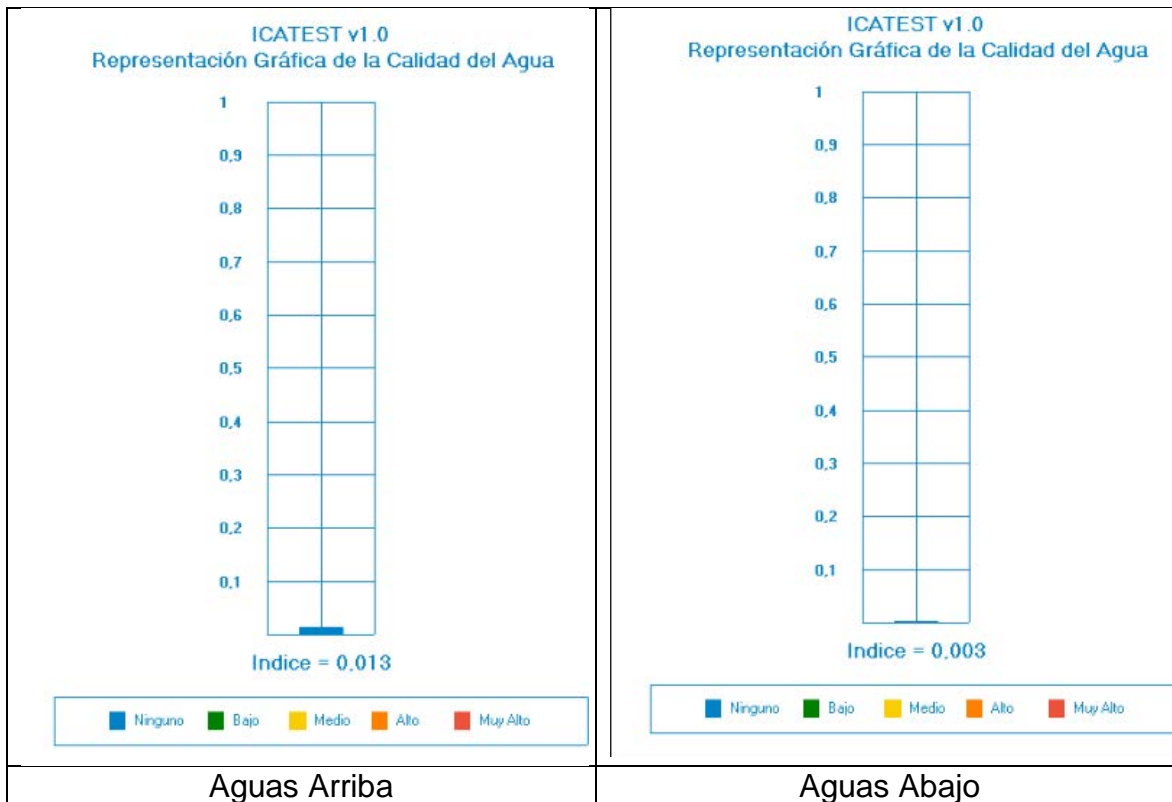
**Fuente: propia**

*Anexo 18. Hoja para el cálculo del "ICA" "Aguas abajo Parcelación Quintas del Bosque"*

PARAMETRO	VALOR	UNIDADES	Subi	wi	Total
Coliformes Fecales	750	NMP/100 mL	3	0,15	0,45
pH	7	unidades de pH	1,72	0,12	0,21
DBO <sub>5</sub>	11	mg/ L	1,41	0,1	0,14
Nitratos	0,8	mg/ L	1,57	0,1	0,16
Fosfatos	0,15	mg/ L	1,57	0,1	0,16
Cambio de la temperatura	3,1	°C	1,52	0,1	0,15
Sólidos disueltos totales	12	mg/ L	1,42	0,08	0,11
Oxígeno Disuelto	54	% Saturación	1,91	0,17	0,32
VALOR DEL " ICA "					1,70

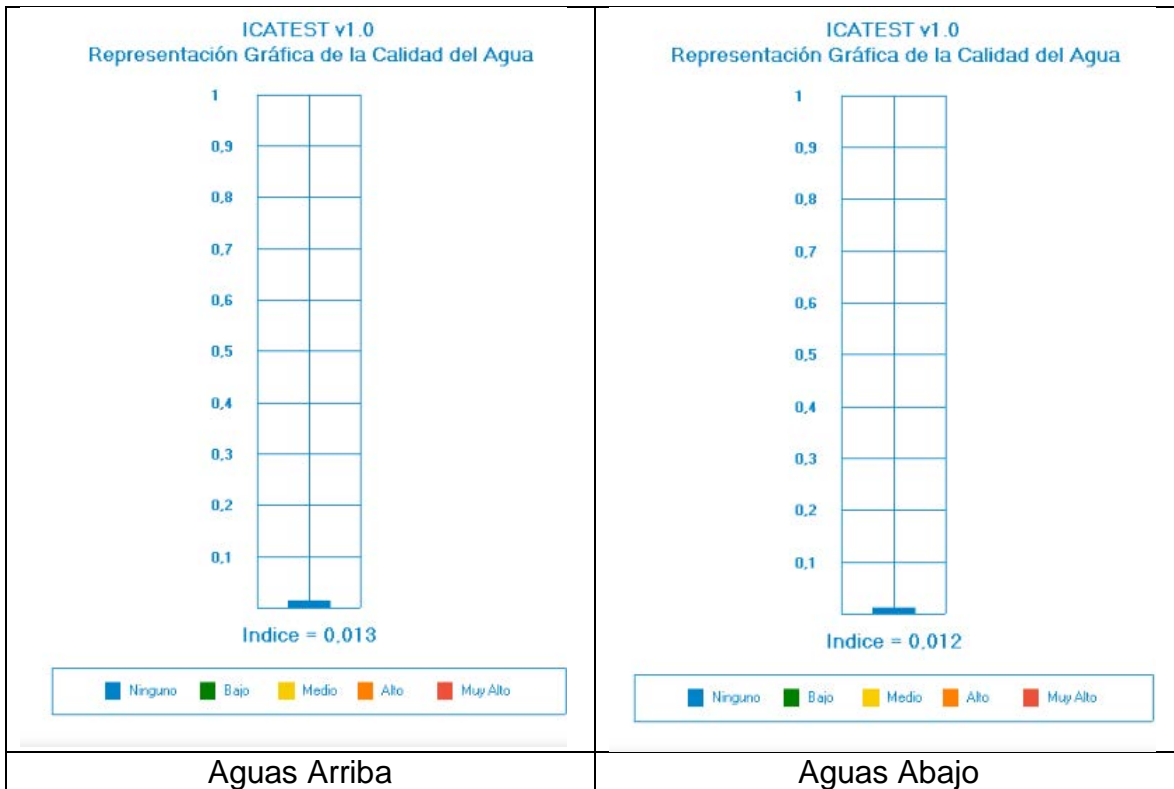
**Fuente: propia**

Anexo 19. Índice de contaminación por pH, "conjunto residencial Bariloche"  
 "Aguas arriba y Aguas Abajo "



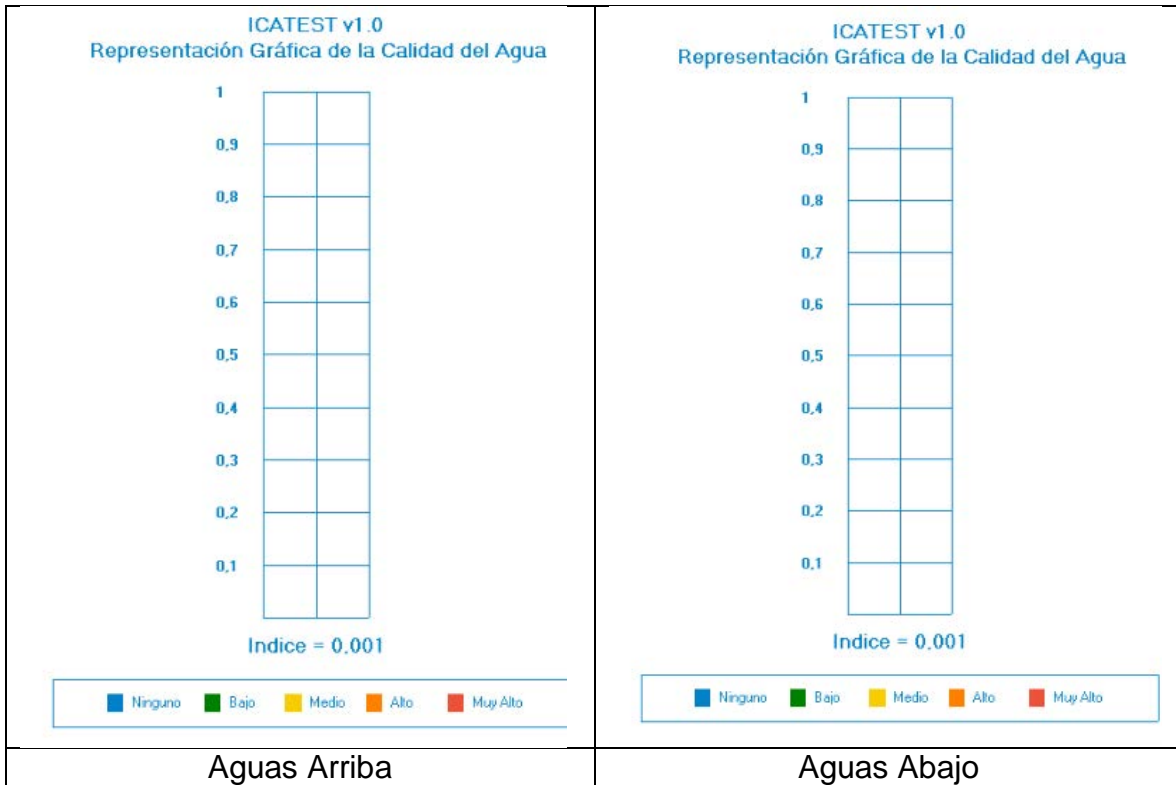
FUENTE: ICATEST v1.0

Anexo 20. Índice de contaminación por pH, "conjunto residencial torres del bosque" "Aguas Arriba y Aguas Abajo"



Fuente: ICATEST v1.0

Anexo 21. Índice de contaminación por pH, "Parcelación Quintas del Bosque"  
 "Aguas Arriba y Aguas Abajo"



Fuente: ICATEST v1.0







# CUIDADO DE LAS RONDAS DE LAS FUENTES HIDRICAS

## Prácticas mecánicas de adecuación del sustrato

**Sacos de tierra:** Esta obra permite reducir la fuerza de arrastre del agua, disipa la escorrentía, disminuye la erosión y reduce la tasa de sedimentos que llegan al cauce.

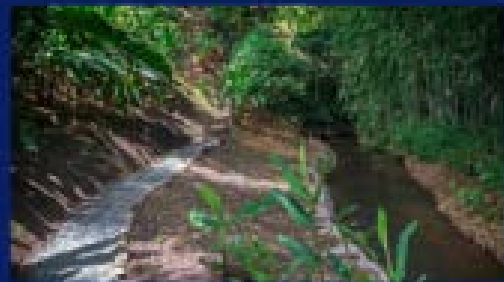


## Restauración de áreas de ronda con presencia de expansión urbana

- 1 Usar especies ornamentales y que soporten niveles de contaminación 
- 2 No usar rondas como botaderos de escombros y basuras 
- 3 realizar talleres de sensibilización ambiental con población aledaña 
- 4 No construir vivienda en rondas hídricas 



## Sendero o corredor ecológico en rondas hídricas



Fuente: propia

Anexo 23. Instructivo para mejorar la calidad de los vertimientos

<h3>Residuos Sanitarios</h3> <p>No arrojar el papel higiénico, toallas higiénicas, gasas, curas, condones o cualquier otro producto que se considere de riesgo biológico por las bacterias sanitarias, ya que provoca un alto grado de contaminación, volviéndolo tóxico y peligroso para la asimilación con el recurso hídrico, por lo que se recomienda la implementación de canecas con bolsas plásticas de color rojo para la adecuación de estos residuos en los baños.</p>  <p><b>SANITARIO</b></p>	<h3>Ahorro de Agua</h3> <p>Una medida amigable para la reducción de carga contaminante también es la disminución de la descarga que se genera por las duchas, lavamanos, lavaderos, debido al uso inadecuado que se puede estar generando. Se recomienda lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"><li><b>Cepillado de dientes (*)</b>  Cerrar el grifo mientras se cepilla los dientes 0 litros.</li><li><b>USA CISTERNAS DE DOBLE DESCARGA</b> Gastarás 3 litros menos por cada uso. </li><li><b>Acorta el tiempo que pasas en la ducha.</b> </li><li><b>Lavar frutas y verduras en un balde, no bajo el grifo.</b> </li></ul>	 <h3>INSTRUCTIVO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LOS VERTIMIENTOS</h3>  <p><b>QUEBRADA GARROCHAL</b></p> <p>Elaborado por : Carlos Manuel Osorio Manzano Ingeniería Ambiental y Sanitaria</p>
---	--	--

Fuente: propia

Anexo 24. Continuación instructivo para mejorar la calidad de los vertimientos

<p><b>INDICACIONES PARA REDUCIR LA CARGA CONTAMINANTE DESDE EL HOGAR</b></p>	<p><b>Disposición aceites y grasas de origen animal</b></p> <p>Realizar la disposición de los aceites provenientes de las latas de atún al igual que las grasas de origen animal, mediante la recolección en bolsas o en recipientes para ser entregados a empresas encargadas de su recolección, con el fin de contribuir a una cultura de separación y disminuir la carga contaminante en los cuerpos de agua o sistemas de alcantarillado.</p>	<p><b>Uso de detergentes, jabones y limpiadores biodegradables</b></p>
<p><b>Uso de rejillas</b></p> <p>Evitar el paso de residuos de alimento a la red de alcantarillado o fuente hídrica, mediante la instalación de rejillas para lavaplatos y desagües, previniendo el aumento de carga contaminante.</p> 		
<p>Es importante que la limpieza de las rejillas se realice cada vez que sea necesario, a fin de que estén libres de residuos y su funcionamiento sea óptimo; los residuos resultantes de la limpieza, se sugieren ser depositados en el contenedor verde o una bolsa de color verde, correspondiente a residuos orgánicos</p> 		

Fuente: propia

Anexo 25. Socialización Medidas Contingentes con la población del tramo de estudio

The screenshot shows a Gmail interface with the following elements:

- Header:** Gmail logo, search bar with "in:sent", and utility icons (help, settings, app menu, university logo, profile).
- Left Sidebar:** Navigation menu including "Redactar", "Recibidos" (1.684), "Destacados", "Pospuestos", "Enviados", "Borradores" (16), "Más", "Meet" (Nueva reunión, Mis reuniones), and "Hangouts" (CARLOS MANI, SERGIO CAMILO CERON RI, LINA YISET SOLARTE DIAZ).
- Toolbar:** Action icons for back, forward, archive, delete, mute, snooze, print, share, and more options. Page indicator "1 de 451".
- Email Content:**
  - Subject:** Información Medidas Contingentes Quebrada Garochal
  - From:** CARLOS MANUEL OSORIO MANZANO <carlos.osorio.m@uniautonomadeuca.edu.co> para albariloché78, torresdelbosquepopayan, Camilaosorio482
  - Time:** 13:49 (hace 2 minutos)
  - Body:**

Apreciadas Señoras Administradoras de los Conjuntos Bariloche, Torres del Bosque y Quintas del Bosque por medio de la presente me permito remitir dentro del anexo del presente correo los siguientes productos que contienen información relevante para su comunidad que fue objeto de estudio de mi trabajo de grado titulado "EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA CONTAMINACIÓN GENERADA POR VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN EL TRAMO CONJUNTO RESIDENCIAL BARILOCHE- PARCELACIÓN QUINTAS DEL BOSQUE DE LA MICROCUENCA GARROCHAL SUBCUENCA DEL RÍO SATE DE LA CIUDAD DE POPAYÁN-CAUCA" del programa de ingeniería ambiental y sanitaria de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca. este correo contiene los anexos referidos a :

    - A- Volante Informativo del Cuidado de las rondas hídricas
    - B- Instructivo para el mejoramiento de los vertimientos

Lo anterior con el objeto de dar cumplimiento a la socialización por medios tecnológicos debido a medidas de prevención de Covid-19 que nos impiden realizar la socialización presencial

--  
*Carlos Manuel Osorio Manzano*  
Est. Ingeniería Ambiental y Sanitaria  
Universidad Autónoma Del Cauca
  - Footer:** Libre de virus. [www.avast.com](http://www.avast.com)