

**EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN HÍDRICA DE LA FUENTE  
SUPERFICIAL DEL CAÑO SIMILOA POR INFLUENCIA DE LAS  
ACTIVIDADES MINERAS Y EL CULTIVO DE PALMA EN EL MUNICIPIO DE  
CHIRIGUANÁ - CESAR.**

**SIMANCAS DE LA CRUZ JULIETH PAOLA  
VILLA ARIZA ADRIAN DAVID**

**DIRECTOR  
JOSÉ MAURICIO PEREZ ROYERO  
ING. AMBIENTAL  
ESP. GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y TECNOLOGIA  
INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA  
VALLEDUPAR – CESAR  
2021**

**EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN HÍDRICA DE LA FUENTE  
SUPERFICIAL DEL CAÑO SIMILOA POR INFLUENCIA DE LAS  
ACTIVIDADES MINERAS Y EL CULTIVO DE PALMA EN EL MUNICIPIO DE  
CHIRIGUANÁ - CESAR.**

**SIMANCAS DE LA CRUZ JULIETH PAOLA  
VILLA ARIZA ADRIAN DAVID**

**Trabajo de grado para optar por el título de:  
INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO**

**DIRECTOR:  
JOSÉ MAURICIO PEREZ ROYERO  
ING. AMBIENTAL  
ESP. GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y TECNOLOGIA  
INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA  
VALLEDUPAR – CESAR**

**2021**

## TABLA DE CONTENIDO

|                                              | Pág. |
|----------------------------------------------|------|
| INTRODUCCIÓN .....                           | 1    |
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....          | 3    |
| 2. JUSTIFICACIÓN .....                       | 5    |
| 3. OBJETIVOS .....                           | 6    |
| 3.1. OBJETIVO GENERAL .....                  | 6    |
| 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....             | 6    |
| 4. MARCO REFERENCIAL .....                   | 7    |
| 4.1. ANTECEDENTES .....                      | 7    |
| 4.2. MARCO TEÓRICO .....                     | 10   |
| 4.3. MARCO CONCEPTUAL .....                  | 18   |
| 4.4. MARCO CONTEXTUAL .....                  | 21   |
| 4.4.1. Municipio de Chiriguaná .....         | 21   |
| 4.4.2. Caño Similoa .....                    | 22   |
| 4.4.3. Suelos .....                          | 23   |
| 4.4.4. Geología general .....                | 26   |
| 4.4.5. Economía .....                        | 27   |
| 4.5. MARCO LEGAL .....                       | 29   |
| 5. MARCO METODOLÓGICO .....                  | 33   |
| 5.1. LINEA Y SUBLINEA DE INVESTIGACION ..... | 33   |
| 5.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....             | 33   |
| 5.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN .....            | 34   |
| 5.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO .....              | 34   |
| 5.5. MUESTRA .....                           | 34   |
| 5.6. METODOS E INSTRUMENTOS .....            | 34   |

|                                                                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.7. DESARROLLO METODOLÓGICO.....                                                                                                                          | 35 |
| Fase 1: Realizar una descripción ambiental del sistema hídrico del Caño Similoa en el municipio de Chiriguaná – Cesar. ....                                | 35 |
| Fase 2: Determinar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos presentes en cada punto de muestreo del Caño Similoa. ....                              | 36 |
| Fase 3. Proponer medidas ambientales para el cuidado, preservación y uso eficiente del agua en el Caño Similoa en el municipio de Chiriguaná - Cesar. .... | 41 |
| 6. RESULTADOS Y ANALISIS .....                                                                                                                             | 43 |
| 6.1 FASE 1: REALIZAR UNA DESCRIPCIÓN AMBIENTAL DEL SISTEMA HÍDRICO DEL CAÑO SIMILOA EN EL MUNICIPIO DE CHIRIGUANÁ - CESAR. ....                            | 43 |
| Actividad 1.1. Observación de campo. ....                                                                                                                  | 43 |
| Actividad 1.2. Selección de puntos de muestreo. ....                                                                                                       | 44 |
| Actividad 1.3. Diagnóstico ambiental del Caño Similoa. ....                                                                                                | 44 |
| 6.2. FASE 2: DETERMINAR LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS PRESENTES EN CADA PUNTO DE MUESTREO DEL CAÑO SIMILOA. ....                         | 47 |
| Actividad 2.1. Análisis de las características fisicoquímicas y microbiológicas de la fuente hídrica del Caño Similoa. ....                                | 47 |
| Alcalinidad .....                                                                                                                                          | 54 |
| Conductividad.....                                                                                                                                         | 54 |
| Color real.....                                                                                                                                            | 55 |
| Cloruros.....                                                                                                                                              | 56 |
| DBO5.....                                                                                                                                                  | 57 |
| DQO .....                                                                                                                                                  | 58 |
| Fosfatos.....                                                                                                                                              | 58 |
| Hierro.....                                                                                                                                                | 59 |

|                                                                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Nitritos .....                                                                                                                                                            | 60 |
| Nitratos .....                                                                                                                                                            | 60 |
| Oxígeno Disuelto .....                                                                                                                                                    | 61 |
| PH .....                                                                                                                                                                  | 62 |
| Sólidos totales .....                                                                                                                                                     | 62 |
| Temperatura.....                                                                                                                                                          | 63 |
| Turbiedad .....                                                                                                                                                           | 64 |
| Coliformes totales y fecales.....                                                                                                                                         | 64 |
| Actividad 2.2. Análisis estadístico .....                                                                                                                                 | 65 |
| Actividad 2.3. Cálculos de la morfometría de la cuenca .....                                                                                                              | 72 |
| 6.3. FASE 3. PROPONER MEDIDAS AMBIENTALES PARA EL CUIDADO,<br>PRESERVACIÓN Y USO EFICIENTE DEL AGUA EN EL CAÑO SIMILOA EN<br>EL MUNICIPIO DE CHIRIGUANÁ - CESAR. ....     | 78 |
| Actividad 3.1. Aplicación de las Alternativas para la Preservación, Protección<br>y Uso Eficiente del Agua del Caño Similóa en el Municipio De Chiriguaná –<br>Cesar..... | 78 |
| 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....                                                                                                                                   | 84 |
| RECOMENDACIONES.....                                                                                                                                                      | 85 |
| REFERENCIAS .....                                                                                                                                                         | 86 |
| ANEXOS. ....                                                                                                                                                              | 94 |
| A1. REGISTRO FOTOGRAFICO .....                                                                                                                                            | 94 |
| A2. ENTREGA RESULTADOS DE LABORATORIOS.....                                                                                                                               | 99 |

## LISTA DE TABLAS

|                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Inventarios mineros nacionales.....                                                                                         | 16 |
| Tabla 2. Normativa vigente aplicable a esta investigación.....                                                                       | 29 |
| Tabla 3. Parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales.....                      | 33 |
| Tabla 4. Estaciones de muestreo.....                                                                                                 | 44 |
| Tabla 5. Análisis fisicoquímicos para cada muestra. ....                                                                             | 48 |
| Tabla 6. Cronograma de muestreo .....                                                                                                | 49 |
| Tabla 7. Métodos para el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos .....                                               | 49 |
| Tabla 8. Elevaciones .....                                                                                                           | 75 |
| Tabla 9. <i>Altitud Media de la Cuenca (E)</i> .....                                                                                 | 75 |
| Tabla 10. <i>Estaciones de medición pluviométrica - Promedios Climatológicos (1981-2010) IDEAM</i> .....                             | 77 |
| Tabla 11. Resultados Análisis fisicoquímico y microbiológico del caño Similoa (2020) .....                                           | 51 |
| Tabla 12. <i>Resultados Análisis fisicoquímico y microbiológico del caño Similoa para el año (2010)</i> .....                        | 52 |
| Tabla 13. Correlación de Pearson entre las variables fisicoquímicas y microbiológicas analizadas en las aguas del caño similoa. .... | 66 |
| Tabla 14. Varianza total para los parámetros analizados en las aguas del caño similoa.....                                           | 68 |
| Tabla 15. Componentes rotados para las variables analizadas en las aguas del caño similoa.....                                       | 69 |

## LISTA DE IMÁGENES

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 1. Ubicación del municipio de Chiriguaná..... | 21 |
| Ilustración 2. Caño Similoa .....                         | 22 |
| Ilustración 3. Puntos de muestreo.....                    | 43 |
| Ilustración 4. Cuenca Caño Similoa .....                  | 72 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfico 1. Alcalinidad .....                                                                     | 54 |
| Gráfico 2. Conductividad .....                                                                   | 55 |
| Gráfico 3. Color real .....                                                                      | 56 |
| Gráfico 4. Cloruros .....                                                                        | 56 |
| Gráfico 5. Resultados DBO .....                                                                  | 57 |
| Gráfico 6. Resultados DQO .....                                                                  | 58 |
| Gráfico 7. Fosfatos .....                                                                        | 59 |
| Gráfico 8. Hierro .....                                                                          | 59 |
| Gráfico 9. Resultados Nitritos. ....                                                             | 60 |
| Gráfico 10. Nitratos .....                                                                       | 61 |
| Gráfico 11. Oxígeno Disuelto .....                                                               | 61 |
| Gráfico 12. Resultados pH .....                                                                  | 62 |
| Gráfico 13. Sólidos totales .....                                                                | 63 |
| Gráfico 14. Temperatura .....                                                                    | 63 |
| Gráfico 15. Turbiedad .....                                                                      | 64 |
| Gráfico 16. Coliformes Totales y Fecales .....                                                   | 65 |
| Gráfico 17. Análisis de componentes principales en base a las correlaciones factores 1 y 2 ..... | 70 |

## INTRODUCCIÓN

El agua es el origen y base de la vida, actúa como elemento fundamental en los procesos físicos, químicos y biológicos que dan origen a la vida en el planeta (Duran, 2016). En la actualidad no existe actividad humana ya sea de tipo económico, industrial o social que pueda prescindir de este vital recurso, por lo que es considerado un bien esencial para el crecimiento económico y desarrollo social de la región y se ha consolidado como medio indispensable para cualquier alternativa de futuro por lo cual se han formado una serie de ideas y acciones para su control, uso y dominio. Sin embargo, son muchas las problemáticas que en la actualidad se enfrentan en relación con el agua, generadas por la alteración e inclusión de sustancias o elementos que resultan ser nocivos en concentraciones no tolerables por los organismos vivos.

El aumento demográfico repercute significativamente sobre el consumo del agua, incrementando la presión sobre la disponibilidad y la calidad de los recursos hídricos y sobre los ecosistemas, los cuales constituyen un elemento clave para la regulación y la purificación del agua. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO 2002), el agua extraída es utilizada en gran cantidad por sectores de importancia económica como la agricultura y la industria, dejando un pequeño porcentaje para el consumo doméstico, por lo que se divisa como una problemática

Colombia, a pesar de poseer un potencial hídrico tres veces mayor al promedio de los países suramericanos y seis veces mayor al promedio de oferta hídrica mundial (Suarez, 2011), presenta serios problemas en cuanto a disponibilidad y calidad del agua en muchas regiones, relacionada principalmente con la contaminación, deforestación, erosión, alteración de la biodiversidad y los ecosistemas como producto de las actividades industriales, agrícolas y principalmente mineras. Por ser un país con mucha diversidad ambiental, además cuenta con una gran variedad de productos mineros entre los que se

encuentra el carbón, oro, platino, esmeraldas, entre otros, y cuya explotación carbonífera es considerada como la actividad que mayor impacto negativo causa a los recursos naturales del país.

El Departamento del Cesar se encuentra ubicado entre los principales productores de carbón de la nación con una producción superior a cinco millones de toneladas por año localizada principalmente en los municipios de la Jagua de Ibirico, Becerril, Chiriguaná, Agustín Codazzi y el Paso, sin embargo, son muchos los impactos negativos que afectan al ambiente, ocasionados por la explotación carbonífera en el departamento, relativos a la remoción de bosques y pérdidas de la biodiversidad asociada. La excesiva contaminación atmosférica que está estrechamente ligada a la generación de enfermedades y patologías, principalmente la desmedida contaminación del recurso hídrico, la desviación de las fuentes hídricas lo cual atenta directamente contra el bienestar de la población.

El municipio de Chiriguaná-Cesar debido a su privilegiada posición geográfica cuenta con fuentes hidrográficas importantes, como el Río Cesar, además de fuentes y quebradas que vienen de la Serranía del Perijá, propiciando tierras fértiles para la agricultura, buenos pastos para la ganadería y planicies y montañas propicias para productos como el maíz, el sorgo, la yuca, el café, la caña de azúcar, el plátano y el arroz, entre otros. Sin embargo, actualmente y desde la aparición del “boom” minero en la región, la explotación carbonífera se ha convertido en su principal actividad económica, lo cual ha ocasionado alteraciones negativas sobre la vegetación, biodiversidad y riqueza hidrográfica del municipio.

En base a lo anterior, con el siguiente proyecto se pretende evaluar la calidad del agua en términos fisicoquímicos y microbiológicos del Caño Similoa en el municipio de Chiriguaná, jurisdicción del Departamento del Cesar, con el fin de determinar los efectos negativos, ocasionados por las actividades mineras a cielo abierto y el cultivo de palma en la región. mediante el desarrollo de análisis fisicoquímicos y microbiológicos.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos años, en Colombia, el negocio de la minería ha venido tomando cada vez más fuerza al ser una de las principales actividades económicas en todo el territorio. Gracias a las grandes cantidades de minerales que se explotan cada año, uno de los principales productos explotados en el país y que representa enormes ingresos económicos, el cual es explotado en mayor cantidad en la región caribe siendo el Departamento del Cesar uno de los mayores productores.

A pesar de representar un mecanismo exitoso para la generación de capital y la apertura al mercado mundial, la extracción de carbón a gran escala en el Departamento del Cesar lleva consigo un gran número de impactos negativos en términos sociales, culturales, políticos y ambientales (Gómez & Rojas, 2014), como la migración de la población debido a la modificación del uso de la tierra y los recursos naturales, el aumento poblacional en los municipios donde se realiza la explotación de carbón, la remoción de los bosques y todas las especies que en él habitan.

El municipio de Chiriguaná es uno de los más afectados debido a los cambios generados por la explotación minera y por la presencia de empresas multinacionales, como Drummond, que se dedican a la extracción de carbón en el Departamento. Los cambios del uso del suelo que han desplazado en su mayoría las actividades agrícolas y la imposibilidad de acceder a las fuentes hídricas debido a las desviaciones de las mismas y a la contaminación generada por los residuos mineros que reducen el cauce y limitan el acceso a este recurso, son algunas de las problemáticas que enfrenta este municipio (Plan Básico de Ordenamiento Territorial Municipio de Chiriguaná - Cesar. 2014).

A pesar de ser la minería la principal actividad económica de este municipio, el cultivo de palma africana es una actividad de importancia en esta región y aporta a la economía del mismo, sin embargo, este cultivo también lleva consigo efectos nocivos para el medio ambiente que están relacionados con la tala de bosques riparios o de galería, el desplazamiento de otros cultivos y la contaminación de

fuentes hídricas como resultado de las actividades antropogénicas y la excesiva explotación de estas fuentes para riego (López & Botero, 2014).

En la actualidad, el Caño Similoa ubicado en el municipio de Chiriguaná-Cesar se ha visto afectado por las problemáticas antes mencionadas, acarreando además cuestionables acciones antrópicas como la deforestación, cambios del uso de suelo, contaminación por vertimiento de sólidos y aguas de escorrentías potencialmente contaminadas por uso de agroquímicos, petroquímicos y demás sustancias utilizadas. Estas actividades que ocasionan un cambio en los regímenes hídricos y debilitan la calidad del agua presente en esta fuente hídrica un declive ambiental. Por consiguiente, con la presente investigación se pretende conocer el estado en el que se encuentra el Caño por efecto de las actividades mineras y el cultivo de palma africana en la zona de estudio.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Se desconoce el estado actual de la calidad del agua del Caño Similoa, que esta medida bajo parámetros fisicoquímicos, y microbiológicos por lo que resulta de vital importancia llevar a cabo un estudio de estas características a lo largo del cauce. Las actividades como la minería y los cultivos de palma en los cuales se llegan a realizar procesos inadecuados han afectado negativamente la disponibilidad de este recurso. Por tal razón, la aplicación de estrategias para el cuidado y preservación del agua y el uso sostenible de esta es fundamental en esta zona del departamento. En la actualidad se debería contemplar un mayor grado de importancia, ya que es bien sabido lo esencial que es para la producción agrícola, procesos industriales, como para el buen funcionamiento de los ecosistemas.

Este Caño representa un importante punto de encuentro entre la población y la naturaleza y durante mucho tiempo fue utilizada como suministro para muchas de las actividades humanas que se realizan en sus cercanías, por esto la disminución de su cauce y la contaminación del mismo afecta en gran proporción a las comunidades que de ella se benefician. Por estos motivos y los mencionados en el primer párrafo, el Caño Similoa debe ser analizado, ya que se desconoce por las fuentes antropogénicas, dar a conocer los resultados para próximas investigaciones de la cuenca del Rio Cesar.

El propósito de la investigación se enfoca en brindar una caracterización de las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas del Caño Similoa con el fin de realizar aportes útiles para que las autoridades pertinentes ejerzan las medidas necesarias y para el análisis integral de los impactos de la extracción carbonífera y de los cultivos de palma a los cuerpos de agua, teniendo en cuenta que la información suministrada en este documento pueda ser esencial y logre contribuir en el mejoramiento la salud pública y la calidad ambiental del cauce en cuestión en el municipio de Chiriguana-Cesar.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el nivel de contaminación hídrica de la fuente superficial Caño Similoa, por influencia de las actividades mineras y el cultivo de palma en el municipio de Chiriguaná - Cesar.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar una descripción ambiental del sistema hídrico del Caño Similoa en el municipio de Chiriguaná - Cesar.
- Determinar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos presentes en cada punto de muestreo del Caño Similoa.
- Proponer medidas ambientales para el cuidado, preservación y uso eficiente del agua en el Caño Similoa en el municipio de Chiriguaná - Cesar.

## 4. MARCO REFERENCIAL

### 4.1. ANTECEDENTES

Desde la llegada de la minería al país esta se ha convertido en una de las principales actividades económicas convirtiéndose en una de las principales fuentes de ingreso para quienes se desempeñan en este campo. Sin embargo, han sido muchos los conflictos de tipo social, político y ambiental que se han desencadenado por las diferentes explotaciones mineras en el territorio colombiano. Lo mismo ocurre con el mal manejo que se puede presentar en el cultivo de palma o con el uso excesivo del suelo y como consecuente de adicional la implementación de agroquímicos. Estos principales problemas se han convertido en un punto de gran interés investigativo en las regiones donde se realizan estas extracciones y plantaciones, en donde podemos encontrar los siguientes estudios de índole nacional e internacional:

**Cuintaco D., & Robayo T. (2019). Evaluación de la calidad del agua mediante el uso del índice de contaminación (ICOMO) y su relación con el índice biológico (BMWP/Col) en el caño seco Restrepo, Meta.** Evaluaron la calidad del agua del Caño Seco, en Restrepo, Meta, estudio en el cual pudieron determinar que la mayoría de los problemas de contaminación del agua se generan como consecuencia del desarrollo de actividades humanas y que representan una problemática de salud pública y a nivel ecológico.

**Fourier M., Castillo L. E., Ramírez F., Moraga G., Rupert C. (2018). Evaluación preliminar del área agrícola y su influencia sobre la calidad del agua en el Golfo Dulce, Costa Rica.** En esta investigación Se determinó el área de los cultivos, mediante interpretación de imágenes satelitales, para un total aproximado de 10 000 ha de arroz *Oryza sativa* y 31 000 ha de palma aceitera *Elaeis guineensis*. El uso de agroquímicos se estimó con base en información secundaria publicada y con encuestas administradas a grupos productores. El uso anual estimado de plaguicidas fue de 20.4 kg ha<sup>-1</sup> en arroz y 6.6 kg ha<sup>-1</sup> en palma, y 840 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de fertilizantes granulados en ambos cultivos. Como se hizo un muestreo puntual de residuos de plaguicidas en agua.

**Gutiérrez, A. & Angarita, W. (2017). Evaluación fisicoquímica y microbiológica de los vertimientos generados sobre el Caño el Cristo correspondiente al municipio de Aguachica, Cesar y formulación de alternativas de mitigación.** Mediante su estudio en el Caño el Cristo en el municipio de Aguachica, Cesar, lograron identificar 41 puntos de vertimientos de tipo doméstico, industrial y comercial que aportaban contaminación a dicho caño, obteniendo resultados fisicoquímicos y microbiológicos elevados lo cual indicó altos niveles de contaminación en esta fuente hídrica la cual es resultado del vertimiento y la sobreacumulación de residuos.

**Martínez, S. (2016). Factores de contaminación ambiental por el desarrollo de proyectos petroleros en el Caño el Ingeniero, municipio de Puerto Gaitán Meta.** Evaluó los factores de contaminación que afectaban la calidad del agua del Caño el Ingeniero, en Puerto Gaitán Meta relacionados con la explotación petrolera, a través de los resultados obtenidos pudo determinar que los niveles de contaminación presentes en el caño están directamente relacionados con escorrentías y el desarrollo industrial principalmente las industrias petroleras de la región.

**Cardoso, A. (2015). Behind the life cycle of coal: Socio-environmental liabilities of coal mining in Cesar, Colombia.** En sus estudios estableció que la minería de carbón a cielo abierto en el departamento del Cesar ha generado severos daños ambientales y sociales que no son reconocidos por las empresas ni el estado y que las principales afectaciones ambientales son la contaminación, el agotamiento del nivel freático, la pérdida de los ecosistemas, pérdida de las reservas carboníferas y daños en los sistemas hídricos de la zona además de generar grandes impactos en la salud y aportar al cambio climático en la actualidad. Además, realizó una comparación con estudios en China y Estados Unidos indicando que los valores aumentan cuando se incluyen otros impactos en la salud y el cambio climático a escala global.

**Mendoza, J. (2015). Análisis del impacto socioambiental de la minería de carbón en el departamento del Cesar.** En su investigación analizó que una de las áreas más impactadas ambientalmente por las explotaciones mineras es la

Reserva Forestal de los Motilones, así como también los municipios de La Jagua de Ibirico y La Loma y las vertientes hídricas de los Ríos Maracas en Becerril y el Río Cesar en Chiriguaná y que estos son ven afectados por todas las actividades desarrolladas durante la cadena de producción del carbón, que va desde la exploración, pasando por la explotación y llegando hasta el transporte de este producto.

**Gómez, S. & Rojas, S. (2014). Afectación ambiental de la calidad del agua del caño Cascabel generada por la explotación minera artesanal del municipio de Marmato departamento de Caldas.** Analizaron la afectación ambiental del agua en quebrada Cascabel en relación al impacto ocasionado por las descargas de las actividades desarrolladas en el proceso productivo de las plantas de beneficio de oro o molinos artesanales; a partir de la relación causa - efecto de las áreas de influencia directa de la fuente hídrica. En la elaboración del estudio se utilizaron métodos cuantitativos que permitieron realizar la identificación, análisis y evaluación de impactos ambientales, de igual manera se identificaron cuáles son las acciones de mayores impactos sobre el componente hídrico. La investigación arrojó como resultado la importancia neta de cada uno de los impactos generados por las actividades mineras en función de la calidad ambiental de la quebrada cascabel, considerando dos escenarios; el primero representado por la situación real del área de estudio, donde no se consideran medidas de manejo ambiental y el segundo, un escenario donde se considerarán las medidas de manejo ambiental mínimas.

**Castro, E. (2009). Aspectos geológicos y principales consideraciones de la evaluación ambiental estratégica (diagnóstico ambiental) del distrito minero La Jagua, departamento del Cesar.** Realizó un diagnóstico ambiental del distrito minero con el cual pudo determinar que las explotaciones de carbón a cielo abierto realizadas en la región pueden generar afectaciones sobre el medio ambiente por diversos residuos que se generan durante las operaciones, por ejemplo, el polvo incontrolado afecta la salud, la visibilidad, la calidad del medio ambiente en los alrededores de las minas y la calidad de las aguas superficiales cercanas. Castro también logró determinar que el principal impacto sobre los regímenes hidrológicos de la región se da sobre las aguas

subterráneas puesto que las aguas provenientes de los desagües de las minas contienen residuos de la meteorización y lixiviados minerales presentes en el carbón que pueden contaminar en alto porcentaje estos cuerpos de agua.

**Montaño, N. (2008). La palma africana en el pacífico colombiano: su ilegalidad, consecuencias y violación de derechos territoriales.** A través de sus estudios logró concluir que los cultivos de palma en la región pacífica de Colombia han ocasionado muchos impactos ambientales y sociales por medio de la tala de selvas y bosques, el deterioro de la biodiversidad y la contaminación de suelos y aguas por la utilización de pesticidas y agroquímicos.

#### **4.2. MARCO TEÓRICO**

##### **Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos como indicadores de calidad y contaminación del agua**

La calidad de diferentes tipos de agua se ha valorado a partir de variables físicas, químicas y biológicas, evaluadas individualmente o en forma grupal.

La ventaja de los métodos fisicoquímicos se basa en que sus análisis suelen ser más rápidos y pueden ser monitoreados con mayor frecuencia, en comparación con los métodos biológicos, basados en la observación y medición de ciertas comunidades de seres vivos en las aguas; además, la elección de las especies debe ser cuidadosa ya que de esta depende la evaluación de la calidad del recurso, que generalmente solo se realiza para un uso determinado, a diferencia de las fisicoquímicas, que permiten una evaluación para diferentes tipos de uso. Independiente del tipo de variables usadas en el monitoreo de una fuente, siempre se genera un gran número de datos, que requieren de un tratamiento e interpretación, tarea dispendiosa y de complejo entendimiento en el proceso de la valoración de la calidad ya que en muchas ocasiones se incurre en la pérdida de información o gastos que no justifican los resultados obtenidos (Samboni, Carvajal & Escobar, 2007).

## **Temperatura**

La temperatura del agua tiene una gran importancia en el desarrollo de los diversos procesos que en ella se realizan, de forma que un aumento de la temperatura modifica la solubilidad de las sustancias, aumentando la de los sólidos disueltos y disminuyendo la de los gases. La actividad biológica aproximadamente se duplica cada diez grados (ley del Q10), aunque superado un cierto valor característico de cada especie viva, tiene efectos letales para los organismos. Un aumento anormal (por causas no climáticas) de la temperatura del agua, suele tener su origen en el vertido de aguas utilizadas en procesos industriales de intercambio de calor. La temperatura se determina mediante termometría realizada “in situ” (Aznar J., 2000).

## **Conductividad eléctrica**

El agua pura se comporta como aislante eléctrico, siendo las sustancias en ella disueltas las que proporcionan al agua la capacidad de conducir la corriente eléctrica. Se determina mediante electrometría con un electrodo conductimétrico.

Las muestras deben analizarse preferiblemente “in situ”, o conservarse en frascos de polietileno, nunca de vidrio sódico, en nevera (2-4 °C) y oscuridad durante un máximo de 24 h, teniendo la precaución de termostatarlas a 25 °C antes de realizar la determinación (Aznar J., 2000).

## **pH**

La determinación del potencial de hidrógeno (pH) en el agua es una medida de la tendencia de su acidez o de su alcalinidad. Un pH menor de 7.0 indica una tendencia hacia la acidez, mientras que un valor mayor de 7.0 muestra una tendencia hacia lo alcalino. La mayoría de las aguas naturales tienen un pH entre 4 y 9, aunque muchas de ellas tienen un pH ligeramente básico debido a la presencia de carbonatos y bicarbonatos. El valor del pH en el agua es utilizado cuando nos interesa conocer su tendencia corrosiva o incrustante (Mejía, 2005).

## **Turbiedad**

La turbiedad en el agua es la dificultad que tiene el agua para transmitir luz, y esto se debe a la materia en suspensión como materia orgánica e inorgánica, lodos, material coloidal, arcilla entre otras. Este tipo de parámetro se mide generalmente con un turbidímetro, y las medidas se expresan en unidades nefelométricas de turbidez (UNT) (Wu, 2009).

## **Oxígeno disuelto**

Todos los organismos vivos dependen de oxígeno para vivir, ya que es necesario para los procesos de metabolismo que generan energía para crecer y reproducirse (Roldan, 2003).

El oxígeno disuelto va directamente relacionado con la temperatura y la presión, ya que a mayor temperatura el agua es más soluble y permite que se escape el oxígeno gaseoso, pero a su vez esto se contrarresta con la presión ya que la presión ejerce una fuerza en la superficie del agua y no permite que se libere tan fácilmente. En época de verano, la temperatura también genera que oxidación biológica aumente y con esto el incremento del OD en el agua (Cifuentes y León, 2017).

## **Sólidos totales**

Los sólidos totales son los que se obtienen manualmente por evaporación y secado a 105°C, los resultados de la medición de estos sólidos nos indican la sumatoria de sólidos suspendidos y disueltos que tiene el agua. Cuando no se puede obtener los sólidos suspendidos o disueltos, se puede obtener hallando los sólidos totales.

Los sólidos totales afectan negativamente la calidad del agua por ello el análisis de estos es de vital importancia en el proceso de tratamiento de aguas residuales y a su vez hallarlos nos ayuda a evaluar el cumplimiento de las normas que regulan su vertimiento (Galván, 2007).

## **Sólidos suspendidos**

Estos sólidos se mantienen en suspensión por movimiento del agua, por su densidad y porque muchos conservan su naturaleza coloidal (Basto y Rojas, 2017). Este tipo de parámetro va muy relacionado con la turbidez y el color aparente, ya que la disminución o aumento de estos sólidos afecta directamente este tipo de parámetros.

Los sólidos en suspensión se pueden determinar filtrando una muestra de agua y posterior a esto el filtro se seca pesa, la idea es comparar el peso del filtro sin muestras con el peso del filtro con muestra. En caso tal de que no se puede hallar por este método, se puede utilizar el cálculo de los sólidos totales menos los sólidos disueltos (Chacón, 2016).

## **Alcalinidad**

La alcalinidad del agua hace referencia a la capacidad que tiene para neutralizar ácidos y a su vez para prevenir cambios bruscos en el pH, y se puede obtener con la suma de todas las bases titulables. Este parámetro se da principalmente en aguas superficiales por los carbonatos, bicarbonatos e hidroxilos, aunque también se puede encontrar aportes menores de fosfatos, boratos y silicatos presentes en el medio (Chacón, 2016).

## **Dureza**

Las aguas con bajas durezas se denominan “blandas” y biológicamente son poco productivas, por lo contrario, las aguas con durezas elevadas “duras” son más productivas. La productividad está generalmente dada por unas pocas especies que se han adaptado a estas condiciones, aguas con durezas intermedias pueden poseer fauna y flora más variadas, pero son menos productivas en términos de biomasa. El valor de la dureza determina la conveniencia del agua para uso doméstico e industrial y la necesidad de un proceso de ablandamiento, ya que requieren demasiado jabón para producir espuma, además depositan lodo e incrustaciones sobre las superficies con las que este en contacto (Corporación Autónoma Regional del Tolima, 2006).

## **DBO Y DQO**

La demanda química de oxígeno es la cantidad de oxígeno necesario en el agua para oxidar la materia orgánica presente en un cuerpo de agua, esto se realiza bajo condiciones específicas como el tiempo y la temperatura (Durán, 2016).

Mientras que la demanda biológica de oxígeno (DBO5) es el oxígeno que consumen los microorganismos para degradar la materia orgánica generalmente proveniente de descargas domésticas e industriales. Se toma la lectura a los primeros 5 días porque es el lapso de tiempo en donde más materia orgánica se descompone, pero en general hasta los 20 días los microorganismos siguen descomponiendo materia orgánica (Durán, 2016).

## **Coliformes totales**

Los coliformes totales son las Enterobacteriácea lactosa-positivas y constituyen un grupo de bacterias que se definen más por las pruebas usadas para su aislamiento que por criterios taxonómicos. Pertenecen a la familia Enterobacteriácea y se caracterizan por su capacidad para fermentar la lactosa con producción de ácido y gas, más o menos rápidamente, en un periodo de 48 horas y con una temperatura de incubación comprendida entre 30-37°C. Son bacilos gramnegativos, aerobios y anaerobios facultativos, no esporulados. Del grupo “coliforme” forman parte varios géneros: Escherichia, Enterobacter, Klebsiella, Citrobacter, etcétera. Se encuentran en el intestino del hombre y de los animales, pero también en otros ambientes: agua, suelo, plantas, cáscara de huevo, etcétera. Una elevada proporción de los coliformes que existen en los sistemas de distribución no se debe a un fallo en el tratamiento en la planta, sino a un recrecimiento de las bacterias en las conducciones. Dado que es difícil distinguir entre recrecimiento de coliformes y nuevas contaminaciones, se admite que todas las apariciones de coliformes son nuevas contaminaciones, mientras no se demuestre lo contrario (Núñez y Reyes, 2016).

## **Coliformes fecales**

Los coliformes fecales son un subgrupo de los coliformes totales, capaz de fermentar la lactosa a 44.5°C. Aproximadamente el 95% del grupo de los coliformes presentes en heces fecales, están formados por *Escherichia coli* y ciertas especies de *Klebsiella*. Ya que los coliformes fecales se encuentran casi exclusivamente en las heces de animales de sangre caliente, se considera que reflejan mejor la presencia de contaminación fecal.

Los coliformes fecales se denominan termo tolerantes por su capacidad de soportar temperaturas más elevadas. Esta denominación está ganando más adeptos actualmente, pues sería una forma más apropiada de definir este subgrupo que se diferencia de los coliformes totales por la característica de crecer a una temperatura superior (Madigan et al., 1997).

## **Contaminación de la minería en fuentes hídricas**

Para examinar la relación existente entre el funcionamiento de las industrias extractivas en el departamento del Cesar y las transformaciones hídricas experimentadas por los cuerpos de agua de Chiriguaná, específicamente el caño Similoa, es preciso acudir a ciertos fundamentos teóricos que permitan hacer un acercamiento con mayores elementos de análisis sobre la problemática planteada. Para comprender de mejor manera todo lo que tiene que ver con el Caño Similoa, es preciso empezar hablando sobre la caracterización de la actividad minera en Colombia. El Censo Minero Departamental 2010-2011 (MINMINAS, Censo Minero Departamental 2010-2011, 2012), es el documento en el que se ha encontrado con mayor detalle de información para poder entender la situación de la actividad minera legal y la extracción ilícita de minerales. El país cuenta con 8564 títulos mineros a fecha de junio de 2017, de los cuales casi el 50% corresponde a materiales de construcción, seguidos por los metales preciosos – principalmente oro – y carbón; sin embargo, el desempeño de este sector desde el punto de vista económico se sustenta en el desarrollo de la minería de carbón y en menor proporción en metales preciosos, níquel, esmeraldas y materiales de construcción

De hecho, en el siguiente cuadro se observan los departamentos en los que se realizan las principales actividades de extracción de minerales en el país:

Tabla 1. Inventarios mineros nacionales

| Departamento |            | Mineral o Metal Extraído    | Métodos de Explotación.  | Métodos de Aprovechamiento y Beneficio |
|--------------|------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------------------------|
| 1            | Chocó      | Platino, Oro y Plata, Cobre | Aluvión / Subterránea    | Lavado / Amalgamación                  |
| 2            | Antioquia  | Platino, Oro y Plata.       | Aluvión / Subterránea    | Lavado / Amalgamación                  |
|              |            | Carbón.                     | Subterránea              | NA                                     |
|              |            | Materiales de Construcción  | Aluvial / Cielo Abierto  | NA                                     |
| 3            | Córdoba    | Platino, Oro y Plata.       | Aluvión                  | Lavado / Amalgamación                  |
|              |            | Níquel                      | Cielo Abierto            | Pirometalurgia                         |
|              |            | Carbón.                     | Cielo Abierto            | NA                                     |
|              |            | Materiales de Construcción  | Cielo Abierto / Aluvial. | NA                                     |
| 4            | Bolívar    | Oro y Plata                 | Aluvión / Subterránea    | Lavado / Amalgamación                  |
| 5            | Cesar      | Carbón                      | Cielo Abierto            | NA                                     |
| 6            | La Guajira | Carbón                      | Cielo Abierto            | NA                                     |

Fuente: Inventarios Mineros Nacionales realizados por INGEOMINAS entre 1999 y 2000, citado por IPBES (2019, p. 21).

Al ser a cielo abierto el método de explotación de carbón en el Cesar, es preciso aclarar que según IPBES, 2019. La minería a cielo abierto se realiza mediante un banqueo descendente en el que, con equipo minero de gran tamaño (palas, draga líneas y camiones de más de 200 toneladas) se remueven los estratos de material estéril y se disponen en depósitos aledaños al sitio de extracción o tajo, y el mineral de carbón, que se encuentra intercalado con los otros estratos, se recupera y almacena en patios, de donde es transportado a los sitios de utilización en plantas termoeléctricas, o a los puertos de exportación. No existe en este mineral labores de beneficio; el mineral es comercializado tal como sale de la operación minera; solo en grandes operaciones se puede tener procesos de trituración y lavado del mineral para homogeneizar su tamaño y para retirar impurezas de la roca encajantes.

En otras latitudes, se presenta que el carbón se puede realizar principalmente en el país de manera subterránea, y solo se hace a cielo abierto para las grandes operaciones mineras. En Colombia esta última forma de explotación se hace en zonas ubicadas en Córdoba, el Cesar y la Guajira (IPBES, 2019).

Para Vázquez *et al.*, 2019 afirma que a pesar de los cambios que están sufriendo los sistemas acuáticos a lo largo del territorio en respuesta a las distintas

actividades asociadas a la extracción minera en el país, la información sobre sus efectos en la biota acuática e integridad ecológica de estos sistemas es muy limitada. Un aspecto fundamental por tenerse en cuenta en los análisis de los impactos de la minería sobre los ecosistemas colombianos es la transformación de la calidad del agua que se produce durante las etapas de exploración y explotación del proyecto minero.

Así, en la primera fase la excavación para toma de muestras tiene un alto impacto ambiental muchas veces irreversible, como:

- Acidificación de las aguas.
- Inestabilidad de taludes.
- Deforestación y apertura de accesos que generan pérdida de hábitats, biodiversidad y afectación de ecosistemas (Fierro, 2012, citado por Vázquez, 2019).

En la segunda fase durante la explotación los impactos ambientales son más agresivos como la alteración fisicoquímica de las aguas, sedimentación y afectación de la dinámica de los cuerpos de agua por el vertimiento de aguas residuales mineras; contaminación del suelo con estériles y colas, aumento de procesos erosivos y desestabilización del suelo por la remoción de cobertura vegetal; afectación de comunidades faunísticas, aumento de material particulado, gases y ruido, y alteración del paisaje (Contraloría, 2012, citado por Vázquez, 2019).

En este sentido, los impactos ambientales más representativos sobre el recurso hídrico se relacionan con la contaminación química, el aumento de sedimentos, el incremento de turbidez, la disminución de caudales y la alteración del curso (López-Sánchez & Medina, 2017, citado por Vázquez, 2019).

Para Rudas, 2014 uno de los aspectos que ha generado reiterados debates sobre la actividad de minería del carbón a cielo abierto que se adelanta en Colombia se refiere a los efectos que esta explotación pueda tener, o está teniendo, sobre el medio ambiente y, en particular, sobre la salud humana.

#### 4.3. MARCO CONCEPTUAL

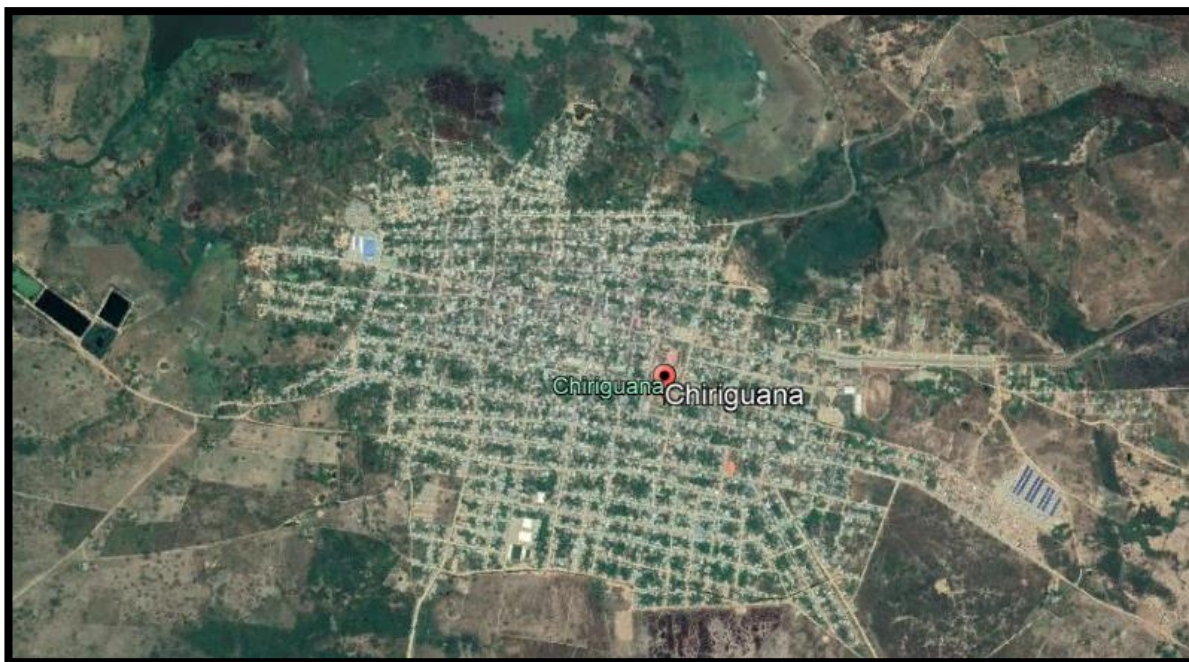
- **Agua:** es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H<sub>2</sub>O). Es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida. El agua cubre el 71 % de la superficie de la corteza terrestre.
- **Aguas Subterráneas:** Es aquella parte del agua existente bajo la superficie terrestre que puede ser colectada mediante perforaciones, túneles o galerías de drenaje o la que fluye naturalmente hacia la superficie a través de manantiales o filtraciones a los cursos fluviales (Gálvez, 2011).
- **Aguas Superficiales:** aquellas que existen sobre la superficie de la Tierra.
- **AGUA Potable o Agua para Consumo Humano:** Es aquella que, por cumplir las características físicas, químicas y microbiológicas, es apta para consumo humano. Se utiliza en bebida directa, en la preparación de alimentos o en la higiene personal.
- **Ambiente:** Entorno en el que opera una organización, que incluye aire, suelo, agua, recursos naturales, seres humanos y su interrelación.
- **Análisis fisicoquímico de agua:** Son aquellas pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar sus características físicas, químicas o ambas.
- **Análisis microbiológico del agua:** Son aquellas pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos.
- **Alcalinidad:** Capacidad cuantitativa de los medios acuosos para reaccionar ante los iones hidróxidos. La alcalinidad es un fenómeno que representa la capacidad de neutralización ácida de un sistema acuoso.

- **Análisis fisicoquímico de agua:** Son aquellas pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar sus características físicas, químicas o ambas.
- **Análisis microbiológico del agua:** Son aquellas pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos.
- **Biodiversidad:** variedad total de organismos vivos. Incluye los genes, las especies, los ecosistemas que habitan y los procesos ecológicos de los que hacen parte.
- **Carbón:** Roca sedimentaria, de color negro a negro pardo, de fácil combustión, formada a partir de la compactación y el endurecimiento por calor y presión, de restos de plantas químicamente alteradas.
- **Calidad del agua:** es el resultado de comparar las características físicas, químicas y microbiológicas encontradas en el agua, con el contenido de las normas que regulan la materia.
- **Caudal:** Comúnmente conocido como medida de flujo, es la cantidad de agua que fluye a través de una conducción natural o artificial en una unidad de tiempo (l/s, m<sup>3</sup>/día, gpm).
- **Contaminación ambiental:** Acción que resulta de la introducción por el hombre, directa o indirectamente, en el medio ambiente, de contaminantes, que, tanto por su concentración como por el tiempo de permanencia, hagan que el medio receptor adquiera características diferentes a las originales, perjudiciales o nocivas a la naturaleza, a la salud y a la propiedad.
- **Cuerpos de agua:** sistema de origen natural o artificial localizado, sobre la superficie terrestre, conformado por elementos físicos-bióticos y masas o volúmenes de agua, contenidas o en movimiento.
- **Demanda hídrica:** en las actividades humanas el uso del agua es intenso, tanto para cubrir las necesidades básicas de tipo biológico y

cultural, como para el desarrollo económico de la sociedad. Por ello, en la cuantificación de la demanda se integran todas las actividades que requieren el recurso hídrico, mostrándose su comportamiento y distribución en el tiempo para planificar su uso sostenible.

- **Ecosistemas:** complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como unidad funcional. (Art. 3o, decreto 1640 de 2012).
- **Parámetro:** Variable que se utiliza como referencia para determinar la calidad del agua.
- **pH:** Medida de acidez o de alcalinidad de una sustancia líquida o sólida. Un valor pH de 0 a 7 describe acidez y de 7 a 14 indica alcalinidad, mientras que pH = 7 indica neutralidad. El pH en un medio incide en la forma de sus sustancias componentes.
- **Sostenibilidad:** un sistema es sostenible cuando puede mantenerse en el tiempo sin degradarse en el largo plazo. Así, “el desarrollo sustentable hace referencia a la capacidad que haya desarrollado el sistema humano para satisfacer las necesidades de las generaciones actuales sin comprometer los recursos y oportunidades para el crecimiento y desarrollo de las generaciones futuras”.
- **Turbulencia:** Conducción propia del régimen de movimiento con fluctuaciones rápidas que se superponen al movimiento de transporte.
- **Agroquímicos:** Un agroquímico, un concentrado de *productos químicos agrícolas*, es un producto químico utilizado en la agricultura. En la mayoría de los casos, *agroquímicos* se refiere a pesticidas que incluyen insecticidas, herbicidas, fungicidas y nematicidas. También puede incluir fertilizantes sintéticos, hormonas y otros agentes químicos de crecimiento.

#### 4.4. MARCO CONTEXTUAL



*Ilustración 1. Ubicación del municipio de Chiriguana  
Fuente: Google Earth.*

##### 4.4.1. Municipio de Chiriguana

Chiriguana, es un municipio del centro del Departamento del Cesar que hace parte de los cinco en cuyos territorios se desarrolla la explotación del carbón, en minas de cielo abierto. La extensión territorial del municipio de Chiriguana - Cesar, comprende una zona geográfica aproximada, de 1.139 km<sup>2</sup>, es decir, un área que corresponde a 113.160 Ha. Está situado al oeste, en el pie de monte de la Serranía del Perijá. La zona presenta distintas formaciones naturales, que poseen características especiales, de acuerdo con su origen y los procesos geológicos desarrollados a través del paso de los años. Su parte oriental, por ser zona de nacimientos de agua, hace que sea un área eco-sistémicamente productiva, por su diversidad de pisos térmicos y climas variados. Chiriguana, limita por el norte, con los municipios de el Paso y La Jagua de Ibirico, por el sur con el municipio de Curumaní, por el occidente con el municipio de Chimichagua, y por el oriente con la república de Venezuela (Gómez *et al.*, 2010).

La hidrología del municipio de Chiriguana está dominada por la cuenca baja del Río Cesar, esta cuenca se clasifica como la cuenca de primer orden la cual tiene como afluentes los principales ríos del municipio al que pertenecen las

subcuencas del Río la Mula, la cual abarca el sector oriental de los límites con Curumaní y la subcuenca del Río Anime en el mismo sector, Arroyo Jobito, Similoa y las Animas (las cuales analizaremos como las subcuencas dentro del municipio y a la vez se hace una descripción de las microcuencas aportantes a estas). Los drenajes restantes pertenecen a microcuencas de corta longitud, constituidas por pequeñas quebradas y Caños.

#### **4.4.2. Caño Similoa**



*Ilustración 2. Caño Similoa*  
*Fuente: Los autores*

Es afluente del Río Cesar, que nace en la parte alta de arenas blancas y Poponte, a una altura sobre el nivel del mar de 180 m.s.n.m., en las estribaciones del cerro la cuchilla, en un bosque semihúmedo, pero su recorrido en su mayoría es por la parte plana del municipio sobre material aluvial, tiene un recorrido de 55,2 km, siendo los arroyos las Delicias, San José y los Arrieros los que alimentan su caudal. Desemboca en la Ciénaga Chepito y Pajara a una altura de 30 msnm.

El Caño Similoa está compuesto por una unidad de segundo orden que es el Arroyo José y dos de tercer orden que son el Arroyo las Delicias y el Arriero. Limita al norte con la subcuenca de la quebrada las Animas, al sur con la subcuenca del Arroyo Jobito, al oeste con la cuenca del río Cesar y al este con la microcuenca de la quebrada Mochila.

#### 4.4.3. Suelos

En la zona se distinguen los siguientes tipos de suelos de acuerdo con la capacidad de uso de las tierras:

- **Clase II.** Suelos con relieve moderadamente inclinados a ondulados, con pendientes inferiores al 12%. Sin erosión o con erosión ligera, máximo en un 20% del área. De moderada a mucha profundidad, sin piedras o con piedras que no imposibilitan las labores de maquinaria; si hay suelos salinos o salino-sódicos no afectan más del 20% del área y deben ser fácilmente corregibles, así la corrección no sea permanente. Con drenaje natural bueno a moderado o imperfecto. Encharcamientos, si se presentan, con duración no mayor a 15 días, por ciclos de invierno y que no ocasionan mayores daños a los cultivos.
- **Clase III.** Suelos con relieve similar a la Clase II o con los siguientes rangos: fuertemente inclinados o fuertemente ondulados con pendientes que no exceden del 25%; erosión de tipo ligero en menos del 30% del área, de tipo moderado en áreas inferiores al 10%. Profundidad efectiva: de superficial a muy profunda. Sin piedras hasta pendiente del 12% y pedregosos en pendientes del 12 al 25%. La salinidad no excede el 30% del área para suelos salinos o salinos – sódicos. Drenaje natural excesivo, bueno, moderado, imperfecto o pobre.
- **Clase IV.** Suelos con pendientes similares a las de clase III; erosión con grados más altos que las de la clase anterior así: ligera hasta el 40%, moderada hasta el 20% y severa hasta el 10% del área; profundidad efectiva de muy superficial a muy profunda; pedregosidad similar a la de clase III; salinidad, hasta un 40% del área, para suelos salinos sódicos; drenaje natural desde excesivamente drenado a pobremente drenado; encharcamientos ocasionales en dos ciclos año.
- **Clase V.** Suelos de relieve plano, ligeramente plano, casi plano, con pendientes inferiores al 3%, sin erosión o poco significativa; muy superficiales, excesivamente pedregosos y rocosos en la superficie que imposibilitan el empleo de maquinaria. Drenaje natural de excesivo a muy pobremente drenado; inundaciones con duración de 6 a 8 meses.

- **Clase VI.** Suelos con relieve similar a la clase IV, o de relieve escarpado o fuertemente quebrado. Para estos las pendientes serán del 25 al 50%. El área puede estar afectada por erosión ligera hasta el 60%, moderada hasta el 30% y severa hasta el 20%. Profundidad efectiva de muy superficial a muy profunda, pedregosidad y rocosidad hasta de nula a excesiva. Salinidad hasta en un 60% para suelos salinos y salinos sódicos. Drenaje natural de excesivo a muy pobre.
- **Clase VII.** La erosión es más grave que en los suelos de la clase VI. El área puede estar afectada por erosión ligera hasta 100%, moderada hasta 70%, severa hasta 50% y muy severa hasta 30%. Muy superficiales a muy Profundos, pedregosidad y rocosidad de nula a excesiva. Suelos salinos, salino-sódicos hasta el 70% del área. Drenaje natural desde excesivo a muy pobre.
- **Clase VIII.** Suelos con las más severas limitaciones; que corresponden generalmente a pendientes muy escarpadas y excesiva pedregosidad y rocosidad; muy superficiales; sin son planos, son improductivos en razón de una o varias de las siguientes limitaciones: suelos salinos, salino-sódicos o rocosos, playas de arena, manglares, inundaciones por más de 8 meses en el año. Deberá protegerse la vegetación natural existente.

#### **4.4.2.1. Uso actual del suelo**

El uso del suelo se aplica al empleo que el hombre da a los diferentes tipos de cobertura, cíclica o permanente, para satisfacer sus necesidades materiales o espirituales. Así mismo, las características del uso de la tierra son el resultado de la interrelación entre los factores físicos o naturales y los factores culturales o humanos.

- **Uso Agrícola:**

**Cultivos Limpios (C):** Los cultivos limpios se ubican en la parte media baja del municipio, los cultivos más representativos son arroz, maíz, y ajonjolí.

**Cultivos Misceláneos 1 (Cm1):** Están referidos especialmente a los cultivos comerciales de arroz, maíz, patilla y palma africana que en su

conjunto abarcan extensiones apreciables y están generalmente en la parte plana de Poponte, Rincón Hondo.

**Cultivos misceláneos 2 (CM2):** Corresponde a un área dominada por cultivos permanentes y semipermanentes entre los que se destacan: naranja, mango, papaya, aguacate, yuca, plátano y palmas de vino (*Scheelea sp.*).

- **Uso Pecuario:**

**Pastos 1 (P1):** Aquella unidad donde predominan pastos naturales, generalmente no tiene ningún tipo de manejo. Se caracteriza por presentar una vegetación dominante de hierbas, acompañada de algunos árboles, palmas y arbustos de copa ancha, cuya densidad varia de un lugar a otro.

**Pasto 2 (P2):** Corresponde a llamadas sabanas, en donde los suelos son de relieve plano, inundables una parte del año, o suelos con pendiente y drenaje excesivamente rápidos y de poca retención de humedad, de fertilidad muy baja y su uso está casi exclusivamente limitado a la ganadería extensiva.

**Pasto 3 (P3):** Son áreas con cobertura densa de pastos, comparten su espacio con especies de árboles y palmas, casi siempre aislados o formando pequeños grupos y su finalidad es ofrecer sombra a los animales que allí pastan.

**Bosque de galería (Bg):** Se denomina bosque de galería la vegetación arbórea que bordea y transcurre a lo largo de las corrientes hídricas, variando su ancho de acuerdo con las características de la zona y la presión ejercida por los pobladores, que en general es muy fuerte debido a entresacas constantes para comercialización. Contrastan con el paisaje de las llanuras inundables, crecen bajo condiciones hídricas - edáficas especiales, las especies de estos bosques son las mismas de los otros y dentro de ellos igualmente se pueden observar tres estratos, un nivel arbustivo con alturas entre 2 y 4 m.

**Rastrojos (R):** Este tipo de cobertura es el resultado de la tala total del bosque, abandono de terrenos que antiguamente fueron aprovechados para el uso agropecuario, pero por su bajo rendimiento o falta de mantenimiento fueron abandonados y se revegetalizaron en forma natural, se caracterizan por arbustos y árboles pequeños de segundo crecimiento y en diferentes estados de sucesión, mezclados con matorrales altos y bajos.

- **Otros Usos**

**Zona urbana (ZU):** Son todas aquellas áreas dedicadas a la actividad residencial, comercial e industrial, se caracterizan por presentar un arreglo geométrico típico según su dedicación.

#### **4.4.4. Geología general**

En el sector del caño Similoa se distinguen las siguientes formaciones geológicas generales:

Q. Depósitos fluviales, lacustres, marinos, glaciales, coluviales, glacifluviales, volcanoclásticos, deltaicos y eólicos, del Cenozoico.

Tc. Sedimentitas de ambiente fluvial a lagunar, principalmente arcillolitas, areniscas, conglomerados, localmente mantos de carbón. Edad Plioceno a Pleistoceno.

Ks. Sedimentitas epicontinentales del Cretáceo superior, principalmente areniscas y lutitas negras, localmente calizas, limonitas silíceas, roca fosfórica y mantos de carbón.

Jsc. Sedimentitas continentales a epicontinentales, principalmente areniscas, limonitas, conglomerados rojizos, localmente con aporte volcánico.

Pzs. Sedimentitas epicontinentales, principalmente lutitas, areniscas, calizas y conglomerados.

Jvs. Rocas volcánicas piroclásticas y efusivas de composición ácida hasta básica, intercaladas con sedimentos continentales.

#### **4.4.5. Economía**

##### **Actividades productivas**

El Caño Similoa ha sido utilizado, para el aprovechamiento agrícola en cultivo de pan comer como (yuca, maíz, Frijol, Hortalizas y Pastos) y la ganadería, dentro de su recorrido, viene siendo utilizada para el riego de diferentes cultivos y el sostenimiento de la ganadería de la zona, el cual en su efecto, viene sufriendo fraudulentas captaciones ilegales para el sostenimiento de estas actividades y que se intensifican en época de verano, generando un acelerado proceso de disminución de su oferta hídrica. En la parte alta y media de este abundante afluente hídrico, sufrió un proceso de regeneración natural debido al desplazamiento forzado que sufrieron diferentes familias campesinas asentadas, esta auto regeneración permitió la recuperación y conservación de zonas protectoras, amortiguadoras y bosques ripario, retomando consigo su flora y fauna nativa y el sostenimiento normal del cauce hídrico. En la actualidad con el plan retorno de gobierno nacional, estas familias campesinas que en su momento fueron deslazadas están retornando a sus parcelas y consigo todas sus actividades antropogénicas, generando un riesgo mucho mayor e impactante negativamente para estas fuentes hídricas, ya que el proceso de asentamiento o establecimiento humano está generando problemas ambientales como la tala de bosque ripario o de galería, zonas amortiguadoras y bosques intermedios, así como quemas del sotobosques para la implementación de cultivos y ganadería, entre otros. Otra actividad productiva en la zona es la operación carbonífera esta modifica y seca los ríos y quebradas, el impacto ambiental más serio de esta región recae sobre el agua, los enormes tajos hechos a la corteza terrestre cortan y secan las corrientes subterráneas de aguas disminuyendo la cantidad del recurso hídrico presente en el sector. Finalmente, la minería en este departamento está ocasionando múltiples impactos ambientales como la dispersión de partículas al ambiente que afecta la zona vegetal, se contaminan las aguas superficiales, subterráneas, repercutiendo la disponibilidad del recurso hídrico.

- **Agricultura**

Cerca del área de influencia en plenas faldas de cerros y bosques riparios o de galerías se encuentran cultivos comerciales e industriales como la Papaya y cultivos de palma. Estos generan conflicto por la intervención del bosque ripario o de galería, que permite mantener el cauce del río como objeto de la investigación. Por otro lado, los afluentes de escorrentías generados en zonas de montañas y laderas intervenidas y que desembocan en este río, traen consigo material de arrastre en suspensión y desechos agroquímicos aplicados a estos cultivos. Esta actividad ocupa una porción importante de la población rural dedicada a las actividades del campo. La producción agropecuaria regional es mixta y de subsistencia campesina, incluso hay veredas que no alcanzan a generar excedentes intercambiables, siendo las principales actividades la pesca, la caza, ligada a una agricultura de autoconsumo; los principales productos que se obtienen son: el plátano, frutos varios, yuca maíz. En el costado occidental del municipio, área de influencia directa de la reserva forestal según la Ley, se cultiva, cacao, café, verduras papaya y aguacate entre otras, y precisamente es la zona que presenta el mayor índice de deterioro ambiental por los procesos erosivos que se detectan.

- **Ganadería:** En la parte media y baja de la cuenca del caño Similoa se disponen actualmente de grandes zonas dedicadas a la ganadería extensiva, que en general pertenecen a unos pocos hacendados que ocupan en dicha actividad poca cantidad de mano de obra no calificada que vive en la zona.
- **Pesca:** Por la incidencia que tiene este importante subsector con el manejo y aprovechamiento de uno de los ecosistemas más frágiles del municipio como es el complejo cenagoso, amerita un análisis profundo de la situación, a la fecha actual no existen estudios técnicos que interpreten la realidad social y económica y mucho menos ambiental relacionadas con las prácticas de aprovechamiento. (Pérez, 2010).

#### 4.5. MARCO LEGAL

El gobierno colombiano presenta una normativa que permite el manejo de los recursos naturales y su aprovechamiento. De la misma manera, los factores ambientales que se presentan en la nación se han venido tomando medidas con el fin de preservar, aprovechar y dar un uso adecuado a este valioso recurso en particular como lo es el agua. Todo esto, con el fin de regular, minimizar, mitigar y garantizar un ambiente sano para toda la población, incluyendo el cuidado de la fauna y la flora presente. Tenemos a continuación las leyes, normas, decretos y resoluciones que inciden en esta investigación.

*Tabla 2. Normativa vigente aplicable a esta investigación*

|                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Artículo 79 de la Constitución Política De Colombia de 1991</b> | Todas las personas tienen el derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo                                                                                                                                                            |
| <b>Artículo 80 de la Constitución Política De Colombia De 1991</b> | El estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración y sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados |
| <b>Ley 99 de 1993</b>                                              | Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales.                                                                                                                                                 |

|                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ley 373 de 1997</b>          | Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Ley 611 de 2000</b>          | Por la cual se dictan normas para el manejo sostenible de especies de Fauna Silvestre y Acuática.                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Ley 685 de 2001</b>          | Por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones.                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Ley 1333 de 2009</b>         | Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones.                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Ley 1450 de 2011</b>         | Plan Nacional de Desarrollo, introduce algunas modificaciones sobre multas, reservas mineras estratégicas, prohibiciones a la minería por razones ambientales, plan nacional de ordenamiento minero, adiciona causales de caducidad y suspensión por razones de seguridad minera, control a la explotación ilícita. |
| <b>Decreto-Ley 2811 de 1974</b> | Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables No Renovables y de Protección al Medio Ambiente.                                                                                                                                                                                           |
| <b>Decreto 1608 de 1978</b>     | A través de los contenidos de los artículos 13 al 29 dedicados a las reglas especiales para la protección y manejo de la fauna silvestre, del aprovechamiento de la fauna silvestre y sus productos.                                                                                                                |

|                                              |                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Decreto 1594 de 1984.<br/>Artículo 72</b> | El cual dicta la reglamentación en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.                                                                                                                                                                                |
| <b>Decreto 1575 de 2007</b>                  | Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.                                                                                                                                                  |
| <b>Decreto 2820 de 2010</b>                  | Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales.                                                                                                                                                                    |
| <b>Decreto 3930 de 2010</b>                  | Por el cual se establecen las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el ordenamiento del recurso hídrico y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillados.                                                       |
| <b>Decreto 4134 de 2011</b>                  | Por el cual Se crea la Agencia Nacional de Minería (ANM); se determina su objetivo y estructura orgánica                                                                                                                                                      |
| <b>Decreto 953 de 2013</b>                   | Por el cual se reglamenta el artículo 111 de la ley 99 de 1993, modificado por el artículo 210 de la ley 1450 de 2011 con el fin de promover la conservación y recuperación de las áreas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos |
| <b>Decreto 1076 de 2015</b>                  | Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, su objetivo es compilar y racionalizar las normas que rigen el sector Ambiente.                                                                                                      |

|                                 |                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Resolución 2115 del 2007</b> | Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.                                                                                    |
| <b>Resolución 90719 de 2014</b> | Se adoptó la Política Nacional para la Formalización Minera, con el fin de alcanzar los estándares necesarios para el ejercicio y desarrollo de la actividad minera en condiciones de formalidad legal, técnica, laboral, ambiental, económica y social. |
| <b>Resolución 631 de 2015</b>   | Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.                             |
| <b>Resolución 40391 de 2016</b> | Por la cual se adopta la Política Minera Nacional. El Ministerio de Minas y Energía, adopta y compila las diferentes políticas y lineamientos de política existentes en el país.                                                                         |

*Fuente. Autores, 2020*

*Tabla 3. Parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales.*

| PARÁMETROS                        | UNIDADES               | MINERIA            | PALMA DE ACEITE    |
|-----------------------------------|------------------------|--------------------|--------------------|
| pH                                | Unidades de pH         | 6,00 a 9,00        | 6,00 a 9,00        |
| DQO                               | mg/L O <sub>2</sub>    | 150,00             | 1500,00            |
| DBO                               | mg/L O <sub>2</sub>    | 50,00              | 600,00             |
| SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST) | mg/L                   | 50,00              | 400,00             |
| COLOR REAL                        | mg/L                   | Análisis y reporte | Análisis y reporte |
| SULFATOS                          | mg/L                   | 1200,00            | 500,00             |
| CLORUROS                          | mg/L                   | 500,00             | 500,00             |
| ALCALINIDAD                       | mg/L CaCO <sub>3</sub> | Análisis y reporte | Análisis y reporte |
| DUREZA TOTAL                      | mg/L CaCO <sub>3</sub> | Análisis y reporte | Análisis y reporte |
| NITRITOS                          | mg/L                   | Análisis y reporte | Análisis y reporte |
| NITRATOS                          | mg/L                   | Análisis y reporte | Análisis y reporte |
| HIERRO                            | mg/L                   | 2,00               | -                  |

*Fuente: Resolución 631 de 2015.*

## 5. MARCO METODOLÓGICO

### 5.1. LINEA Y SUBLINEA DE INVESTIGACION

La línea de investigación de la facultad de Ingeniería y Tecnologías que rige la presente investigación se denota como Sostenibilidad y Gestión Ambiental, en cual enmarca dentro de las sub-líneas la gestión integral del recurso hídrico.

### 5.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio corresponde a una investigación descriptiva, la cual fue desarrollada a partir de una serie de diagnósticos ambientales en el sistema hídrico; el cual consta de una descripción general de la zona, estudios hidrológicos y la caracterización fisicoquímica y microbiológica del Caño, Para plantear medidas ambientales que compensen, preserven y protejan la subcuenca de este caño. Estos estudios describen la frecuencia y las características más importantes de un problema. Para hacer estudios descriptivos hay que tener en cuenta dos elementos fundamentales: Muestra e Instrumento (Ander-Egg, 1987).

### **5.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

El nivel que se presenta en la siguiente investigación es exploratorio y descriptivo, debido a que se busca indicar, examinar o explorar un tema o problema de investigación poco estudiado o que no ha sido abordado nunca antes en la región permitiendo identificar conceptos o variables promisorias. Como mencionan Selltiz et al. (1965), en esta clase de estudios el investigador es capaz de definir qué se va a medir y cómo se va a lograr precisión en esa medición. Así como los estudios exploratorios se interesan fundamentalmente en descubrir, los descriptivos se centran en medir con la mayor precisión posible.

### **5.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO**

En esta investigación la población es representada por las poblaciones que influyen dentro del área directa del Caño Similoa, ya que se basa en brindar una caracterización de la zona en estudio y de realizar un muestro para obtener datos, poder analizarlos y así determinar el grado de afectación bajo la consideración de los estándares correspondidos. Para así preparar un plan de formulación de alternativas para la preservación, protección y uso eficiente del agua en el Caño.

### **5.5. MUESTRA**

Con el fin de conocer la contaminación que está presente en el recurso hídrico del Caño Similoa producto de las actividades mineras y del cultivo de palma (puntos focales de contaminación), se plantea la toma de muestras compuestas en diferentes puntos del cauce y en periodos diferentes del año, los cuales se localizarán teniendo en cuenta lo encontrado en el diagnóstico general de la zona

### **5.6. METODOS E INSTRUMENTOS**

Como primera medida se tomó información suministrada de los resultados obtenidos en el documento original “Estudios de valorización ambiental e hídrica del caño similoa por la influencia de la explotación de minas de carbón a cielo abierto y por las actividades agrícola (cultivos de palma), municipio de Chiriguaná – Cesar.”, realizado en el año 2010 por José Mauricio Pérez, con el fin de obtener la información necesaria para realizar las comparativas pertinentes.

por lo cual se aplicará los siguientes instrumentos de recopilación de datos.

- Observación directa: Permite familiarizarse con los componentes de estudio, anotar y analizar las actividades que realizan la población oriunda de la zona, el proceso y funcionamiento de las empresas procesadoras de la palma de aceite.
- Muestreo: Se aplicará un procedimiento de muestreo para la caracterización física y química del recurso hídrico en los diferentes establecimientos de lavado de vehículos automotores.

## **5.7. DESARROLLO METODOLÓGICO**

### **Fase 1: Realizar una descripción ambiental del sistema hídrico del Caño Similoa en el municipio de Chiriguaná – Cesar.**

Para el diagnóstico general del caño similoa se plantearon dos actividades las cuales fueron:

#### ***Actividad 1.1. Observación de campo.***

Esta fase consta de la selección y ubicación de los puntos de muestreo y el proceso que se realizó para la recolección de muestras de agua en la parte baja del caño en estudio, cuyo fin se utilizarán para determinar parámetros básicos (pH, alcalinidad, porcentajes de materia orgánica) en cada punto de muestreo para identificar la condición actual caño similoa, posteriormente se realizó la ubicación de los puntos de tal manera que pudimos concluir mediante todas las observaciones escoger los puntos más representativos para las muestras del proyecto.

#### ***Actividad 1.2. Selección de puntos de muestreo.***

Se planificó la selección de las estaciones de muestreo teniendo en cuenta diversos factores, entre estos tenemos:

##### **Accesibilidad y Representatividad:**

Este factor es uno de los más importantes, ya que se deben seleccionar puntos en los que sea relativamente posible la toma de la muestra ofreciendo seguridad al personal que realizará esta labor, obteniendo así, un trabajo rápido y eficiente.

Para esta tarea se recurrió a identificar las principales vías de acceso al caño similóa y valorar el estado de estas a partir de los reportes de las poblaciones locales.

### ***Actividad 1.3. Diagnóstico ambiental Caño Similóa.***

Para la realización de este estudio cualitativo de diagnóstico se analizó las características del ecosistema del caño y sus alrededores, sus principales actividades económicas, además de la presencia de residuos contaminantes a lo largo de las corrientes hídricas, entre otros factores.

### **Fase 2: Determinar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos presentes en cada punto de muestreo del Caño Similóa.**

#### ***Actividad 2.1. Análisis de las características fisicoquímicas y microbiológicas de la fuente hídrica del Caño Similóa.***

Para la realización de cada uno de los procedimientos de laboratorio se tendrá en cuenta el ***Manual de Métodos Normalizados Para El Análisis De Aguas Potables Y Residuales (1992)***. Aplicado en la determinación de la conductividad, el pH, la alcalinidad y la dureza; posteriormente a cada una de las muestras se le realizara el procedimiento para determinar los parámetros ya mencionados.

**Alcalinidad:** La alcalinidad del agua hace referencia a la capacidad que tiene para neutralizar ácidos y a su vez para prevenir cambios bruscos en el pH, y se puede obtener con la suma de todas las bases titulables. Este parámetro se da principalmente en aguas superficiales por los carbonatos, bicarbonatos e hidroxilos, aunque también se puede encontrar aportes menores de fosfatos, boratos y silicatos presentes en el medio (Chacón, 2016).

**Relación pH – Alcalinidad:** Para tener la posibilidad de distinguir entre los tres tipos de alcalinidad, es decir, la debida a bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos, se hace distinción entre dos tipos de alcalinidad: la alcalinidad a la fenolftaleína y la alcalinidad al anaranjado de metilo, llamada también alcalinidad total y está basada en lo siguiente

Las especies de carbonato presentes en el agua son función del pH, por lo tanto, los puntos de vire escogidos son 8.3 y 4.5 esto es, muestras que tienen un pH mayor que 8.3, su alcalinidad puede ser debida a las tres formas de alcalinidad y muestras que tienen un pH menor que 8.3 su alcalinidad es debida únicamente al ion bicarbonato. (Malafaya,2016)

**Equipo, material y sustancias requeridas:**

- Dos matraces Erlenmeyer de 125 o 250 mL.
- Una pipeta volumétrica de 50 mL.
- Una bureta de 25 o 50 mL.
- Un vaso de precipitado.
- Un embudo
- Ácido sulfúrico 0.02 N
- Indicador de Fenolftaleína
- Indicador de anaranjado de metilo.

**Procedimiento:**

**Alcalinidad a la fenolftaleína:**

- Se tomaron 50 mL de muestra en un matraz Erlenmeyer.
- Se agregaron 3 gotas de indicador de fenolftaleína. Si da una coloración rosa violeta si existe alcalinidad a la fenolftaleína.
- Titulamos con ácido sulfúrico hasta su decoloración.
- Luego se tomó la lectura de mililitros de ácido consumido.
- Calculamos la alcalinidad a la fenolftaleína por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Alcalinidad en mg/L CaCO}_3 = (V_t \times N_t \times \text{PEq-gr CaCO}_3 \times 1000) / V_m$$

Dónde:  $V_t$  = Volumen de ácido estándar agregado en mL.

$N_t$  = Normalidad del ácido estándar 0,02N

$V_m$  = Volumen de muestra en mL.

**Alcalinidad total:**

- Se tomaron 50 mL de muestra en un matraz Erlenmeyer. se determinó la alcalinidad a la fenolftaleína, la cual no obtuvo por lo cual no se pudo continuar utilizando la misma muestra y tuvo que volver a tomar 50 ml de la muestra en un Erlenmeyer.
- Se agregaron 3 gotas del indicador anaranjado de metilo, dando una coloración amarillenta.
- Procedimos a titular con ácido sulfúrico, hasta un virre color naranja correspondiente a  $\text{PH} = 4.5$ .
- Se tomó la lectura de mililitros de ácido consumido.
- Calculamos la alcalinidad total por medio de la misma fórmula anterior.
- Aplicando la Tabla 1, se determinó la concentración en  $\text{mg/L CaCO}_3$ , de los tipos de alcalinidad que contiene la muestra.

**Dureza:** Las aguas con bajas durezas se denominan “blandas” y biológicamente son poco productivas, por lo contrario, las aguas con durezas elevadas “duras” son más productivas. La productividad está generalmente dada por unas pocas especies que se han adaptado a estas condiciones, aguas con durezas intermedias pueden poseer fauna y flora más variadas, pero son menos productivas en términos de biomasa. El valor de la dureza determina la conveniencia del agua para uso doméstico e industrial y la necesidad de un proceso de ablandamiento, ya que requieren demasiado jabón para producir espuma, además depositan lodo e incrustaciones sobre las superficies con las que este en contacto (Corporación Autónoma Regional del Tolima, 2006).

**Relación Dureza – Alcalinidad.**

Cuando la dureza es numéricamente mayor que la suma de las alcalinidades de carbonatos y bicarbonatos, la cantidad de dureza que es su equivalente a esta suma se le llama dureza carbonatada, también llamada temporal, ya que, al elevarse la temperatura del agua hasta el punto de ebullición, el calcio y el magnesio se precipitan en forma de carbonato de calcio e hidróxido de magnesio respectivamente.

**Equipo, material y sustancias requeridas:**

- Dos matraces Erlenmeyer
- Una pipeta volumétrica de 25 mL
- Un vaso de precipitado.
- Una pipeta de 1 mL
- Una bureta
- Solución Amortiguadora de (NH<sub>4</sub>OH-NH<sub>4</sub>Cl) para pH 10.
- Solución de Hidróxido de Sodio, para pH de 12 a 13.
- Solución valorada de Versenato de sodio (EDTA) de una concentración tal que 1 mL = 1mg de Ca o Mg en CaCO<sub>3</sub>
- Indicador en polvo negro T de Eriocromo.
- Indicador en polvo de Purpurato de Amonio (murexida).
- Agua destilada

**Dureza total:**

- se tomaron 50 mL de muestra en un matraz Erlenmeyer.
- Agregamos 1 mL de la solución amortiguadora
- Agregamos una cucharilla del indicador negro T de Eriocromo, dando una coloración roja vino que indica la presencia de iones de calcio y magnesio.
- Titulamos con la solución valorada EDTA hasta su viraje a color azul que se comprueba añadiendo una gota más de EDTA para que no produjera un cambio en la coloración.
- medimos la cantidad ml de EDTA consumido.
- Calculamos la dureza total por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Dureza en mg/L CaCO}_3 = (V_t \times N_t \times \text{PEq-gr CaCO}_3 \times 1000) / V_m$$

Dónde:  $V_t$  = Volumen del titulante EDTA agregado en mL.

$N_t$  = Concentración Normal de la sln de EDTA 0,02N o 0,01M

**Dureza de calcio:**

- Se tomaron 50 mL de muestra de los lavaderos en un matraz Erlenmeyer.
- Agregamos 1 mL de hidróxido de sodio y agitar, o hasta que el pH este entre 12 y 13 verificando estos con la ayuda de un pH metro.
- Agregamos una cucharilla del indicador Purpurato de Amonio (Murexida), dando una coloración rosada.
- Titulamos con la solución de Versenato de Sodio (EDTA) hasta que vire a color púrpura que se comprueba preparando un testigo con 2 mL de la solución de hidróxido de sodio, indicador murexida y suficiente cantidad de EDTA.
- Medimos la cantidad ml de EDTA consumido.
- Calculamos la dureza cálcica por medio de la fórmula anterior.
- Luego procedemos a determinarnos la alcalinidad de la muestra, determinando la Dureza Carbonatada y la Dureza No Carbonatada.

**Conductividad:** La conductividad es una medida de la propiedad que poseen las soluciones acuosas para conducir la corriente eléctrica. Esta propiedad depende de la presencia de iones, su concentración, movilidad, valencia y de la temperatura de la medición. Las soluciones de la mayor parte de los compuestos inorgánicos son buenas conductoras. Las moléculas orgánicas al no disociarse en el agua conducen la corriente en muy baja escala. Para la determinación de la conductividad la medida física hecha en el laboratorio es la resistencia, en ohmios o megohmios. La conductividad es el inverso de la resistencia específica, y se expresa en micromho por centímetro ( $\mu\text{mho/cm}$ ), equivalentes a micro siemens por centímetro ( $\mu\text{S/cm}$ ) o mili siemens por centímetro ( $\text{ms/cm}$ ) en el Sistema Internacional de Unidades. El intervalo de aplicación del método es de 10 a 10.000 (o hasta 50.000)  $\mu\text{mho/cm}$ , las conductividades fuera de estos valores son difíciles de medir con los componentes electrónicos y las celdas convencionales.

**• Coliformes Totales- Fecales**

Estos análisis se realizaron con el fin de determinar el nivel de contaminación presente en el cuerpo de agua del Caño Similoa y el porcentaje de contaminación

aportado por cada una de las actividades que se evaluaron (minería y cultivo de palma) mediante la utilización de métodos estadísticos con los cuales se compararon los resultados obtenidos en cada uno de los puntos de muestreo.

### ***Actividad 2.2. Análisis estadístico***

El análisis de datos estadísticos es el proceso que nos permite interpretar las relaciones entre las variables fisicoquímicas y microbiológicas analizadas en este estudio, argumentado con un índice que puede utilizarse para medir el grado de relación entre las variables como la correlación de Pearson y un análisis ACP (Análisis de componentes principales).

### ***Actividad 2.3. Cálculos de la Morfometría de la Cuenca.***

En esta fase se procedió a realizar minuciosamente todos los cálculos pertinentes a la zona de estudio, principalmente se calculó la longitud del cauce, posteriormente la pendiente de la corriente principal, calculamos el caudal, los índices de alargamiento y de asimetría, el factor forma entre otros con la finalidad de apreciar la forma en que se relaciona con el comportamiento hidrológico de la subcuenca.

## **Fase 3. Proponer medidas ambientales para el cuidado, preservación y uso eficiente del agua en el Caño Similoa en el municipio de Chiriguaná - Cesar.**

### ***Actividad 3.1. Aplicación de las Alternativas para la Preservación, Protección y Uso Eficiente del Agua del Caño Similoa en el Municipio De Chiriguaná – Cesar.***

En esta etapa se propuso actividades y proyectos de carácter pedagógico cuyo desarrollo estuvo encaminado a la preservación, protección y uso eficiente del agua del Caño Similoa en el municipio de Chiriguaná-Cesar que logro mitigar los impactos ambientales negativos causados por las actividades mineras y las actividades antropogénicas como el cultivo de palma africana localizadas en todo el corredor hídrico.

Estas estrategias estuvieron enfocadas principalmente en temática como:

- Uso eficiente del agua.
- Ordenamiento De La Producción Para El Desarrollo Sostenible.
- Protección de los ecosistemas nativos presentes en la zona
- Capacitación Y Organización Comunitaria.



### Actividad 1.2. Selección de puntos de muestreo.

Los puntos de muestreo seleccionados corresponden a tres estaciones seleccionadas geográficamente a lo largo del cauce del río Similoa; en la tabla 4 se detallan los puntos de muestreo y las coordenadas de cada sitio.

Tabla 4. Estaciones de muestreo.

| Estación de Muestreo                            | Longitud    | Latitud   |
|-------------------------------------------------|-------------|-----------|
| Estación 1: Puente Vía Rinconhondo - Valledupar | -73.4692902 | 9.4537160 |
| Estación 2: Puente Troncal del Oriente          | -73.5518406 | 9.4425694 |
| Estación 3: Puente Vía Agua Fría-Chiriguaná     | -73.5738738 | 9.4338021 |

Fuente: Autores, 2021

### Accesibilidad y Representatividad

Para la selección de los puntos de muestro se tuvo en cuenta que estos fuesen de fácil acceso al lugar seleccionado o zona de estudio, Sin embargo, para llegar a estos lugares se recorrieron trayectos largos, ya que esa era la única manera de llegar a esas partes del río, de igual manera se tuvo en cuenta la seguridad de los participantes en las actividades a desarrollar en dichos lugares, llevando todos los implementos de seguridad, y con las precauciones y/o recomendaciones de los habitantes cercanos a las zonas seleccionadas

### Ubicación de las estaciones fecha y hora de muestreo

La caracterización fisicoquímica y microbiológica del Caño Similoa, se realizó el 16 de noviembre del 2020 en el horario comprendido entre las 8:00 am y las 12:00 pm. Recolectándose muestras puntuales en una estación a lo largo del cauce.

### Actividad 1.3. Diagnóstico ambiental del Caño Similoa.

La hidrología del municipio de Chiriguaná está dominada por la cuenca baja del río Cesar, esta cuenca se clasifica como la cuenca del primer orden la cual tiene como afluentes los principales ríos del municipio al que pertenecen las subcuencas del río la Mula, la cual abarca el sector oriental de los límites con

Curumaní y la subcuenca del río Anime en el mismo sector, Arroyo Jobito. Los drenajes restantes pertenecen a microcuencas de corta longitud, constituidas por pequeñas quebradas y caños. Cabe resaltar que es afluente del río Cesar, ya que nace en la parte alta de arenas blancas y Poponte, a una altura sobre el nivel del mar de 180 m.s.n.m., en las estribaciones del cerro la cuchilla, a su alrededor se encuentra presente un bosque semihúmedo con gran cobertura vegetal y una abundante flora, tiene un recorrido de 55,2 km, siendo los arroyos las Delicias, San José y los Arrieros los que alimentan su caudal Desembocando en la ciénaga Chepito y Pajalar a una altura de 30 msnm. Respecto al uso agrícola Los cultivos limpios se ubican en la parte media baja del municipio de Chiriguaná, también se pueden apreciar los cultivos misceláneos especialmente son cultivos comerciales de arroz, maíz, patilla en especial el cultivo de palma africana que en su conjunto abarcan extensiones apreciables y están generalmente en la parte plana de Poponte, Rincón Hondo. También se pueden apreciar los bosques de galerías o riparios que no es más que un conjunto de vegetación arbórea que bordea y transcurre a lo largo de las corrientes hídricas, variando su ancho de acuerdo con las características de la zona. Con relación a la estructura vertical de este bosque, ésta se ha considerado alta por cuanto claramente la mayor cobertura, aproximadamente un 80% del área total del bosque en la zona, la hacen las especies arbóreas con tallas por encima de 4 metros. Este bosque se halla actualmente severamente intervenido y transformado debido a la acción del Hombre que lo ha talado para ganar tierras y territorios para extender su frontera agrícola, ganadera y pecuaria, y también para construir viviendas rurales que han sido devastadora para la abundancia vegetal que alguna vez existió en el corredor hídrico. se logró destacar especies de árboles nativos de mayor aporte como los Caracolíes que lucen saludables, las Ceibas, Caritos y los Guamos, siendo estos últimos más abundantes por lo que hacen una mayor cobertura en los puntos de muestreo y en su mayoría el bosque Ripario aún conserva buena parte de su condición natural primaria aun cuando en los alrededores inmediatos la intervención antrópica ha sido drástica. Durante la visita realizada a los sitios de trabajo, se pudo observar y constatar las siguientes acciones antrópicas consideradas de riesgo para los componentes

bióticos entre ellas tenemos la tala y descapote de la cobertura vegetal perteneciente al caño similoa, esta acción afecta directa e intensamente y con gran magnitud a la flora y la fauna del bosque Ripario. Otras de las acciones que se resaltaron fue la apertura de caminos para la movilización de personas y maquinarias, esta acción trae consigo efectos directos y de gran impacto sobre la flora y fauna del bosque Ripario. En este caso, la producción de ruido y la presencia de personas ahuyentan animales silvestres y facilitan la tala, la caza y la pesca sin control. Es de vital importancia desarrollar un plan de defensa y conservación a partir de áreas como los bosques Riparios que están enclavados en estas zonas agrícolas y suburbanas. Estos son los enclaves de supervivencia de estas especies en las zonas más cercanas al hombre. Por ello, es imperativo la defensa, preservación y conservación de estos bosques riparios o de galería. Dentro de las principales actividades económicas que se evidencian a lo largo del caño en estudio es la agricultura agroindustrial cerca del área de influencia en plenas faldas de cerros y bosques riparios se encuentran cultivos comerciales como la papaya y cultivos de palma africana. Estos generan conflicto por la intervención del bosque ripario, que permite mantener el cauce del río objeto del estudio. Por otro lado, los afluentes de escorrentías generados en zonas de montañas y laderas intervenidas y que desembocan en el caño, traen consigo material de arrastre en suspensión y desechos agroquímicos aplicados a estos cultivos. Esta actividad ocupa una porción importante de la población rural dedicada a las actividades del campo. Otras de las actividades relevantes que se presentan en el área de estudio es el suministro de bienes y servicios. Dada la vocación minera en la zona (explotación carbonífera), esta actividad cobra gran importancia en la economía local, tanto por la población que trabaja de manera directa en dichas actividades. La pesca tiene gran incidencia en cuanto al manejo y aprovechamiento de uno de los ecosistemas más frágiles del municipio como es el complejo cenagoso, amerita un análisis profundo de la situación, pero con preocupación detectamos que no existen estudios técnicos que interpreten la realidad social y económica y mucho menos ambiental relacionadas con las prácticas de aprovechamiento. Las causas que a

continuación se señalan son las que más se presentan en la cuenca, mereciendo especial mención las siguientes:

Deforestación. Muchos organismos terrestres encuentran en los bosques su hábitat ideal; esta práctica ha desencadenado en gran medida el desplazamiento y otros casos la extinción de las mismas.

La contaminación. Este proceso implica muy especialmente la afectación de las aguas, los suelos y el aire, se constituye en un impacto ambiental negativo para la cuenca, generado por diversas causales. La contaminación del aire por el humo de las quemas y polvillo de la actividad carbonífera en la parte plana; la del agua, tanto por la erosión de suelos, como por la disposición de residuos sólidos y líquidos sobre cauces hídricos que hacen las empresas explotadoras de carbón, al igual que por agroquímicos y desechos en el manejo de cultivos como la papaya, palma de aceite, arroz y el sorgo.

Se pudo concluir que la situación actual del Caño Similoa es bastante alarmante ya que la vegetación en la parte superior y media ha desaparecido, debido al mal uso ilegal de sus vertientes de agua, así como las represas para uso agrícola y de ganadero ha provocado la contaminación del Caño y reducido el cauce río abajo, lo que ha afectado gravemente el aporte de agua al complejo cenagoso.

## **6.2. FASE 2: DETERMINAR LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS PRESENTES EN CADA PUNTO DE MUESTREO DEL CAÑO SIMILOA.**

### **Actividad 2.1. Análisis de las características fisicoquímicas y microbiológicas de la fuente hídrica del Caño Similoa.**

Los parámetros como pH, conductividad, oxígeno disuelto, temperatura se determinaron en el laboratorio, con un equipo multiparámetro WTW 350i/set 2F40-114BOE. De forma simultánea a la toma de muestras para análisis físicos, químicos y microbiológicos, según la metodología establecida en el Standard Methods, 1998.

## **Características de los recipientes para toma de las muestras fisicoquímicas.**

Los recipientes dispuestos para la toma de muestras son fabricados en polipropileno de 600 ml de capacidad con tapa del mismo material. Las muestras de DQO se aciduló con ácido sulfúrico concentrado y refrigeración, el resto de los parámetros a determinar se realizó únicamente proceso de refrigeración

### **Toma de muestras análisis fisicoquímicos.**

Se realizó la toma de la muestra, para un volumen total de 1000ml con finalidad de realizar la medición directa de los parámetros pH, temperatura, caudal, conductividad y oxígeno disuelto. Respecto a los parámetros fisicoquímicos, las muestras fueron recolectadas y etiquetadas con el sitio, hora y fechas en que fueron almacenadas en cavas de Icopor para garantizar que las muestras conservaran sus propiedades.

*Tabla 5. Análisis fisicoquímicos para cada muestra.*

| <b>CONTAMINACIÓN POR MINERÍA</b> | <b>CONTAMINACIÓN POR CULTIVO DE PALMA</b> | <b>PARTE ALTA, MEDIA Y BAJA DEL CAÑO</b> |
|----------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|
| Alcalinidad                      | Alcalinidad                               | Alcalinidad                              |
| Conductividad                    | Conductividad                             | Conductividad                            |
| Color real                       | Color real                                | Color real                               |
| Cloruros                         | Cloruros                                  | Cloruros                                 |
| Dureza total                     | Dureza total                              | Dureza total                             |
| DBO                              | DBO                                       | DBO                                      |
| DQO                              | DQO                                       | DQO                                      |
| Fosfatos                         | Fosfatos                                  | Fosfatos                                 |
| Hierro total                     | Hierro total                              | Hierro total                             |
| Nitritos                         | Nitritos                                  | Nitritos                                 |
| Nitratos                         | Nitratos                                  | Nitratos                                 |
| Oxígeno disuelto                 | Oxígeno disuelto                          | Oxígeno disuelto                         |
| pH                               | pH                                        | pH                                       |
| Sulfatos                         | Sulfatos                                  | Sulfatos                                 |
| Sólidos totales                  | Sólidos totales                           | Sólidos totales                          |
| Sólidos suspendidos              | Sólidos suspendidos                       | Sólidos suspendidos                      |
| Turbiedad                        | Turbiedad                                 | Turbiedad                                |
| Temperatura                      | Temperatura                               | Temperatura                              |

Fuente: Resolución 631 de 2015

## Toma de muestras microbiológicas.

En cuanto a la toma de muestras para los análisis microbiológicos, se tomaron las muestras en recipientes de vidrio 250 ml previamente esterilizados, refrigeradas y con tapa hermética hasta la llegada al laboratorio evitando tocar el fondo con la botella para evitar la suspensión de sedimentos, contaminando la muestra llevando al error en los resultados de los análisis. para su posterior análisis en el laboratorio.

Tabla 6. Cronograma de muestreo

| Muestreo           |                   |
|--------------------|-------------------|
| puntos de muestreo | fecha de muestreo |
| punto 1            | 16 de noviembre   |

Fuente: Autores, 2021

## Determinación de variables Fisicoquímicas y Microbiológicas del agua.

En la siguiente tabla se muestran los métodos bajo los cuales se realizaron los diferentes análisis fisicoquímicos y microbiológicos para determinar la calidad del agua en el Caño Similoa.

Tabla 7. Métodos para el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

| PARÁMETROS       | MÉTODO                        |
|------------------|-------------------------------|
| Alcalinidad      | 2320 B SM                     |
| Conductividad    | 2520 B SM                     |
| Color real       | ISO 7887 B Edición            |
| Cloruros         | SM 4500 Cl B                  |
| Dureza total     | SM 2340 C                     |
| DBO <sub>5</sub> | 5210 B SM                     |
| DQO              | 5220 D SM                     |
| Fosfatos         | SM 4500-P E / Ácido Ascórbico |

|                            |                                             |
|----------------------------|---------------------------------------------|
| <b>Hierro total</b>        | Absorción Atómica y/o I.C.P.                |
| <b>Nitritos</b>            | SM 4500-NO, B / Colorimétrico               |
| <b>Nitratos</b>            | SM 4500-NQ,.E /Reducción con Cadmio         |
| <b>Oxígeno disuelto</b>    | Electrométrico                              |
| <b>PH</b>                  | Electrométrico                              |
| <b>Sulfatos</b>            | 4500 SO <sub>4</sub> E SM                   |
| <b>Sólidos totales</b>     | 2540 B SM                                   |
| <b>Sólidos suspendidos</b> | 2540 D SM                                   |
| <b>Turbiedad</b>           | 2130 B SM                                   |
| <b>Temperatura</b>         | Electrométrico                              |
| <b>Coliformes totales</b>  | ISO 9308- 1: 2014 / Filtración por membrana |
| <b>Coliformes fecales</b>  | ISO 9308- 1: 2014 / Filtración por membrana |

*Fuente. Autores, 2021*

Se muestran a continuación los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados para las muestras tomadas en la parte baja del caño similóa, así mismo se realiza una comparación con los resultados obtenidos en el estudio original **“Estudios de valorización ambiental e hídrica del caño similóa por la influencia de la explotación de minas de carbón a cielo abierto y por las actividades agrícola (cultivos de palma), municipio de Chiriguaná – Cesar.”** realizado en el año 2010 por José Mauricio Pérez, en la misma área de muestreo, para determinar si se ha presentado deterioro o mejoramiento de la calidad del agua en el caño similóa, del mismo modo se comparan los resultados con los límites máximos permisibles establecidos en la resolución **2115/2007** sobre calidad de agua para consumo humano, otro aspecto que se tuvo en cuenta son los criterios admisibles para la destinación del recurso hídrico, con fines de uso doméstico y agrícola contemplados en el **“Decreto 1594 de 1984”** capítulo IV “Criterios de calidad para destinación del recurso” Artículos 37 a 48.

Tabla 8. Resultados Análisis físicoquímico y microbiológico del caño Similoa (2020)

| PARÁMETRO                                | PARTE ALTA<br>DEL CAÑO<br>SIMILOA<br>(2020) | RESOLUCIÓN<br>2115/2007 | DECRETO<br>1594/1984<br>Uso<br>Doméstico | DECRETO<br>1594/1984<br>Uso<br>Agrícola |
|------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Alcalinidad<br>mg/l $\text{CaCO}_3$      | 4.5                                         | 200                     | N.E.                                     | N.E.                                    |
| Conductividad<br>$\mu\text{S/cm}$        | 338.1                                       | 1000                    | N.E.                                     | N.E.                                    |
| Color real<br>Hazen                      | 5                                           | 15                      | 75                                       | N.E.                                    |
| Cloruros mg/l<br>de $\text{Cl}^-$        | 14                                          | 250                     | 250                                      | N.E.                                    |
| DBO <sub>5</sub> mg/l $\text{O}_2$       | <2                                          | N.E.                    | N.E.                                     | N.E.                                    |
| DQO mg/l $\text{O}_2$                    | <5                                          | N.E.                    | N.E.                                     | N.E.                                    |
| Fosfatos mg/l<br>$\text{PO}_4$           | 0,412                                       | 0.5                     | N.E.                                     | N.E.                                    |
| Hierro mg/l                              | 0,08                                        | 0.3                     | N.E.                                     | 5.0                                     |
| Nitritos mg/l<br>$\text{NO}_2$           | 0,9                                         | 0.1                     | 10                                       | N.E.                                    |
| Nitratos mg/l<br>$\text{NO}_3$           | 0,5                                         | 10                      | 10                                       | N.E.                                    |
| Oxígeno<br>Disuelto mg/l<br>$\text{O}_2$ | 3.5                                         | N.E.                    | N.E.                                     | 4.0                                     |
| pH                                       | 7.32                                        | 6.5-9.0                 | 5.0-9.0                                  | 4.5-9.0                                 |
| Sólidos totales<br>mg/l                  | 300                                         | N.E.                    | N.E.                                     | N.E.                                    |
| Temperatura °C                           | 27.5                                        | N.E.                    | N.E.                                     | N.E.                                    |
| Turbiedad UNT                            | 17.5                                        | 2                       | 10                                       | N.E.                                    |
| Coliformes<br>totales<br>NMP/100ml       | 8000                                        | 0                       | 20000                                    | 5000                                    |
| Coliformes<br>fecales<br>NMP/100ml       | 900                                         | 0                       | 2000                                     | 1000                                    |

Fuente: Autores, 2021

N.E. no especificado

Tabla 9. Resultados Análisis fisicoquímico y microbiológico del caño Similoa para el año (2010)

| PARÁMETRO                          | PARTE ALTA | PARTE MEDIA | PARTE BAJA | RESOLUCIÓN 2115/2007 | DECRETO 1594/1984 Uso Doméstico | DECRETO 1594/1984 Uso Agrícola |
|------------------------------------|------------|-------------|------------|----------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| Alcalinidad mg/l $\text{CaCO}_3$   | 114        | 94          | 98         | 200                  | N.E.                            | N.E.                           |
| Conductividad $\mu\text{S/cm}$     | 440        | 161         | 115        | 1000                 | N.E.                            | N.E.                           |
| Color real Hazen                   | 10         | 10          | 10         | 15                   | 75                              | N.E.                           |
| Cloruros mg/l de $\text{Cl}^-$     | 15         | 4           | 2          | 250                  | 250                             | N.E.                           |
| DBO <sub>5</sub> mg/l $\text{O}_2$ | 3.8        | 5.2         | 6.8        | N.E.                 | N.E.                            | N.E.                           |
| DQO mg/l $\text{O}_2$              | 18         | 24          | 32         | N.E.                 | N.E.                            | N.E.                           |
| Fosfatos mg/l $\text{PO}_4$        | 0.11       | 0.21        | 0.24       | 0.5                  | N.E.                            | N.E.                           |
| Hierro mg/l                        | 0.24       | 0.32        | 0.38       | 0.3                  | N. E                            | 5.0                            |
| Nitritos mg/l $\text{NO}_2$        | 0.14       | 0.17        | 0.23       | 0.1                  | 10                              | N.E.                           |
| Nitratos mg/l $\text{NO}_3$        | 0.25       | 0.36        | 0.45       | 10                   | 10                              | N.E.                           |
| Oxígeno Disuelto mg/l $\text{O}_2$ | 2.96       | 2.03        | 4.43       | N.E.                 | N.E.                            | 4.0                            |
| PH                                 | 7.36       | 6.80        | 6.67       | 6.5-9.0              | 5.0-9.0                         | 4.5-9.0                        |
| Sólidos totales mg/l               | 198        | 263         | 324        | N.E.                 | N.E.                            | N.E.                           |
| Temperatura °C                     | 27.5       | 28.2        | 29.9       | N.E.                 | N.E.                            | N.E.                           |
| Turbiedad UNT                      | 6.1        | 20.1        | 35.6       | 2                    | 10                              | N.E.                           |
| Coliformes totales NMP/100ml       | 9820       | 12480       | 16420      | 0                    | 20000                           | 5000                           |
| Coliformes fecales NMP/100ml       | 6540       | 8490        | 9840       | 0                    | 2000                            | 1000                           |

Fuente: José Mauricio Pérez, 2010.

Según los resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados en las aguas del caño similóa en el mes de noviembre del 2020, primeramente, se observa que estas aguas no son aptas para consumo humano directo puesto que sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos en la resolución 2115/2007, para las concentraciones de nitritos, valores de turbiedad elevados, además se encontraron niveles superiores a los permitidos de Coliformes totales y fecales en el punto de muestreo del Caño Similóa.

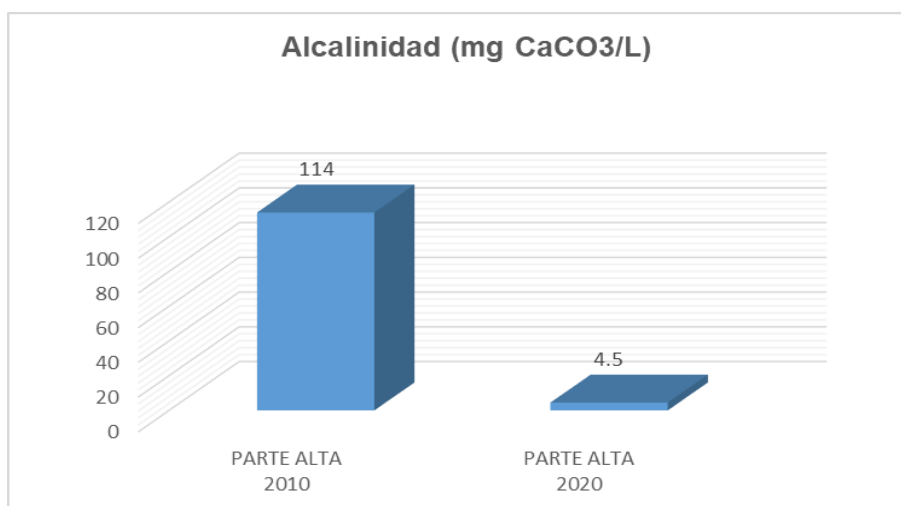
En cuanto a su uso doméstico y agrícola aunque las aguas del Caño Similóa cumple con los parámetros físico químicos establecidos en el Decreto 1594/1984 para el puto de muestreo, desde el punto de vista microbiológico, estas aguas no presentan características óptimas para su utilización en fines de uso doméstico y para uso agrícola, siendo así tampoco son aptas para usos recreativos; sin embargo si se precisan para uso agrícola debe tener en cuenta el tipo de cultivo, puede que sean aptas para cultivos específicos como aquellos frutales que se consumen retirando la cascara, otro aspecto en el que pueden ser útiles estas aguas es su aprovechamiento para potabilización.

Con respecto al aumento para las concentraciones en la mayoría de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos evaluados, principal mente en fosfatos, nitritos, solidos totales y turbiedad, coliformes fecales y totales, se asocian a la intervención antrópica en el sector; Dada la vocación minera en la zona (explotación carbonífera) con presencia de multinacionales como “Drummond LTD” y la producción agrícola, principal mente los cultivos de palma de aceite, así como el uso de agroquímicos y desechos en el manejo de cultivos, los cuales “según un informe presentado por ministerio de agricultura en el 2016 Chiriguaná contaba con un área sembrada para cultivo de palma de aceite de 3.346 hectáreas”. (*Min agricultura 2016*).

Se procedió a realizar un análisis más detallado para cada parámetro evaluado.

## Alcalinidad

En base al comportamiento de la alcalinidad que se muestra en gráfico 1 y según lo expresado por Kevin, 1989 “los rangos de la alcalinidad son: Baja < 75; media 75 – 150; y alta > 150 mg CaCO<sub>3</sub>/L” podemos decir que las aguas del caño similoo para la fecha y punto evaluado son de alcalinidad baja, es decir, menores de 75 mg CaCO<sub>3</sub>/L.



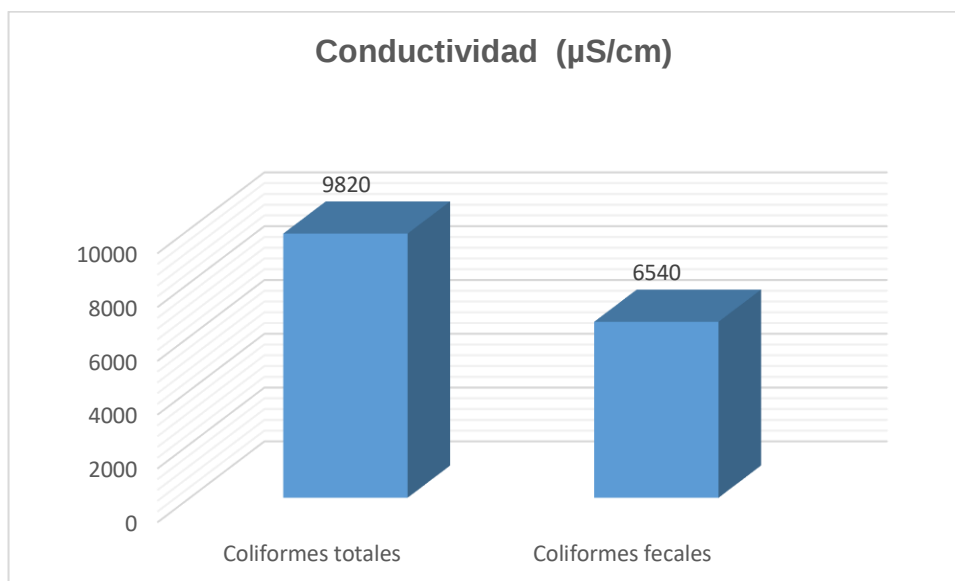
*Gráfico 1. Alcalinidad*  
*Fuente Los Autores 2021*

La alcalinidad total caño similoo tuvo una variación significativa el transcurso de la última década, esto puede ser causa de las actividades antrópicas que se desarrollan en el área, (“minería” principalmente carbonífera y/o cultivos ya sea de palma de aceite u otros presentes en la zona), los cuales realizan vertimientos al cauce del Caño Similoo, del mismo modo, según los datos reportados por el IDEAM en las estaciones de monitoreo pluviométrica, para las épocas de muestreo se presentan numerosas precipitaciones, las cuales ocasionan la disminución en la concentración de carbonatos y bicarbonatos presente en el caño similoo durante el muestreo.

## Conductividad

Las variaciones en los valores de conductividad observados en el gráfico 2 se evidencia que los resultados obtenidos no superan el límite máximo establecido por la Resolución 2115 de 2007, de 1000 µS/cm para agua potable. De acuerdo con Zamora (2009), elevadas concentraciones de sales y sustancias disueltas

en el agua muestran valores elevados de conductividad, estos pueden provenir de fertilizantes, aportes por aguas residuales domésticas y mineras.



*Gráfico 2. Conductividad*  
*Fuente Los Autores 2021*

En los valores de conductividad se observa una disminución significativa de este parámetro con respecto al estudio realizado en el año 2010 en del caño similoa, según lo descrito por López, (2015), este efecto de dilución de los iones disueltos en el agua es debido al incremento de la lámina de agua, en este caso las lluvias y el aumento de caudal por acción de las escorrentías, produce un aumento en la columna de agua, lo cual influye en la disminución de la conductividad eléctrica.

### **Color real**

Los resultados de los análisis para color real mostraron una disminución en el cauce del caño similoa, dichos valores no se superan el límite máximo establecido por la Resolución 2115 de 2007 y en el Decreto 1594/1984, de 15 unidades de color Hazen para agua potable. Y 75 para uso doméstico respectivamente.

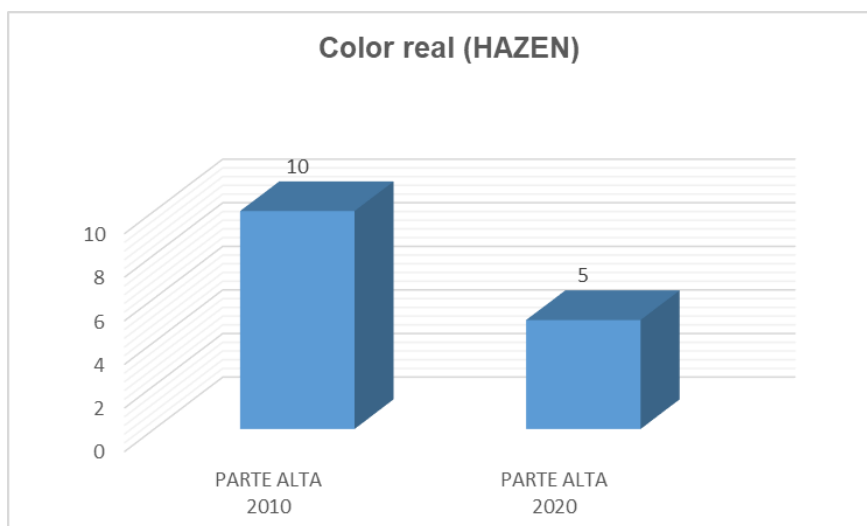


Gráfico 3. Color real  
Fuente Los Autores 2021

### Cloruros

la concentración de cloruros observada en gráfico 4, presenta valores bajos, los cuales están por debajo del límite permisible para consumo humano, correspondiente a 250 mg Cl/L y de igual manera por debajo del límite permisible para uso doméstico descritos en el Decreto 1594/1984.

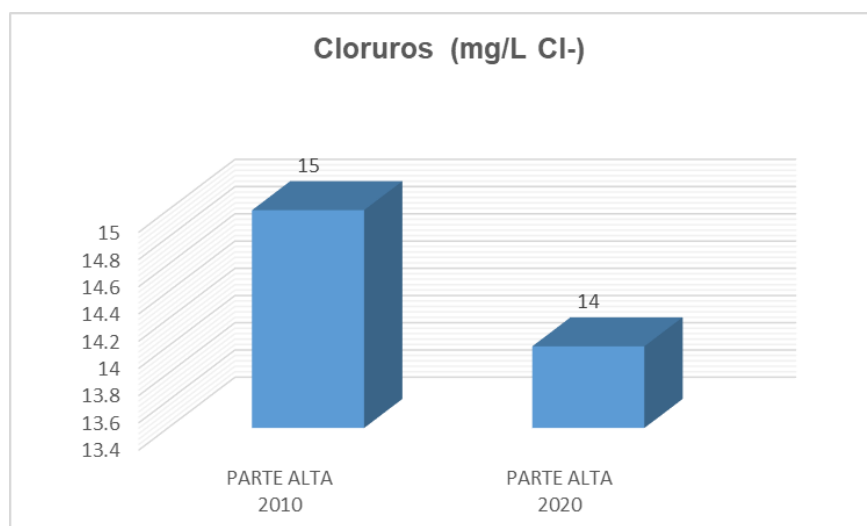


Gráfico 4. Cloruros  
Fuente Los Autores 2021

Se observa en el grafico anterior una leve disminución en la concentración de cloruros en el caño similoa, para lo cual, según la investigación realizada por López, (2015), la concentración de cloruros en aguas naturales es muy variable, pues esta depende de las características de los terrenos que estas atraviesan.

## DBO5

Los resultados obtenidos en el análisis, muestran valores menores a 2, según la escala de clasificación de calidad de agua para demanda bioquímica de oxígeno presentada por la comisión nacional del agua (CONAGUA), ubica las aguas del caño similóa en el rango de  $\leq 3$  mg O<sub>2</sub>/L como aguas de excelente calidad, con bajo contenido de materia orgánica biodegradable, en comparación con el estudio realizado en el 2010 el cual se ubica en un rango de  $6 \leq 30$  mg O<sub>2</sub>/L, lo cual nos indica aguas superficiales con capacidad de auto depuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente.

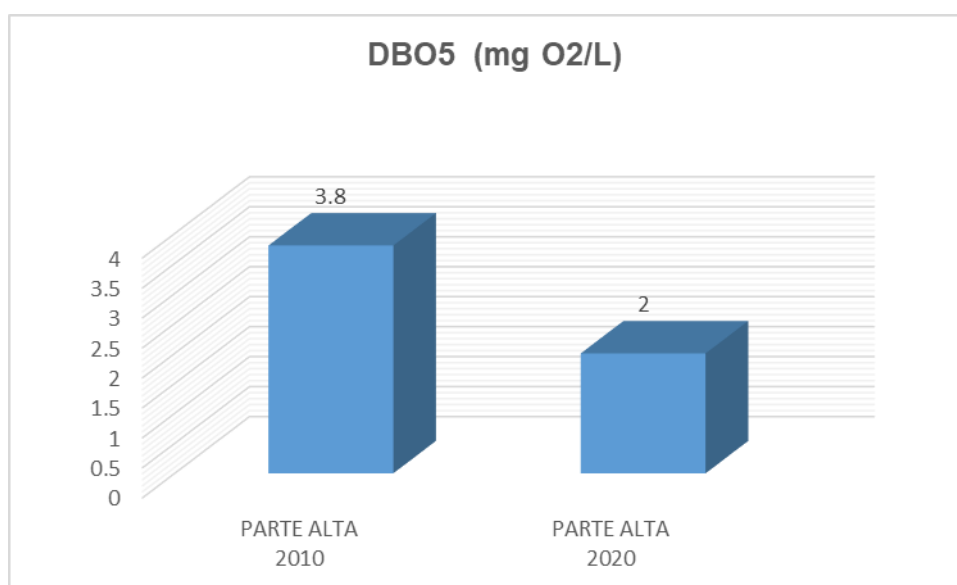


Gráfico 5. Resultados DBO  
Fuente Los Autores 2021

Las variaciones en la concentración de la DBO5 en el Caño Similóa está relacionado con las actividades económicas que allí se desarrollan como complejos mineros que vierten las aguas residuales domesticas generadas en sus campamentos, general mente tratadas biológicamente, asimismo la contribución de agroquímicos y fertilizantes utilizados en los cultivos, principal mente de palma de aceite, los cuales son más comunes es esa zona.

## DQO

El análisis de la Demanda Química de Oxígeno muestra una disminución con respecto a los resultados anteriores mostrados en el gráfico 6, con valores de 18mg O<sub>2</sub>/l, para el año 2010, y <5 para el año 2020 en el Caño Similoa.

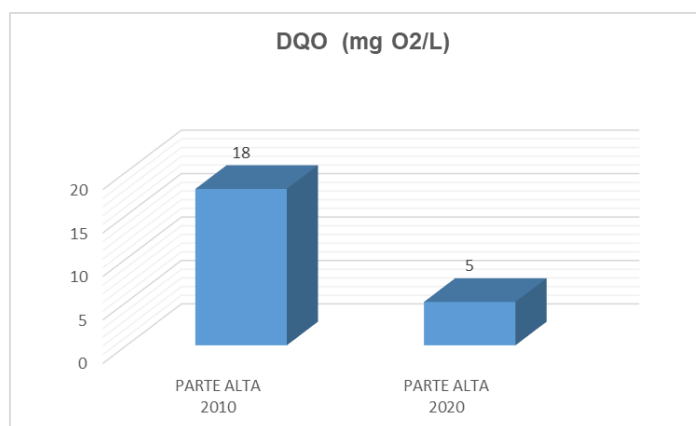


Gráfico 6. Resultados DQO  
Fuente. Los Autores 2021

Este comportamiento se debe a la disminución de las actividades antrópicas en la zona de estudio, ya que, según los resultados de la investigación realizada por Meléndez, (2018) indican que las variaciones de este parámetro están asociadas al bajo consumo de oxígeno en los procesos de descomposición de materia orgánica, provocando alteraciones en los ecosistemas, como casi típico de procesos como la eutrofización y por lo tanto provocando la muerte de las especies susceptibles.

## Fosfatos

Tal como se observa en el gráfico 7, la tendencia en la concentración de fosfatos para el Caño Similoa es a aumentar, se evidencia que los resultados observados no superan los límites establecidos en la Resolución 2115 de 2007, según Meléndez (2018), el nivel de fosfatos que en el peor de los casos puede llevar a la eutrofización de las aguas superficiales. Las causas más frecuentes para el aumento de fosfatos es la utilización de fertilizantes en los cultivos, principalmente la palma de aceite con grandes extensiones de tierras sembradas en el departamento y una alta demanda de estos fertilizantes, que por acción de las escorrentías transportan estos nutrientes hasta las aguas del caño en estudio, produciendo el aumento en la concentración de fosfatos evidenciado en el gráfico.

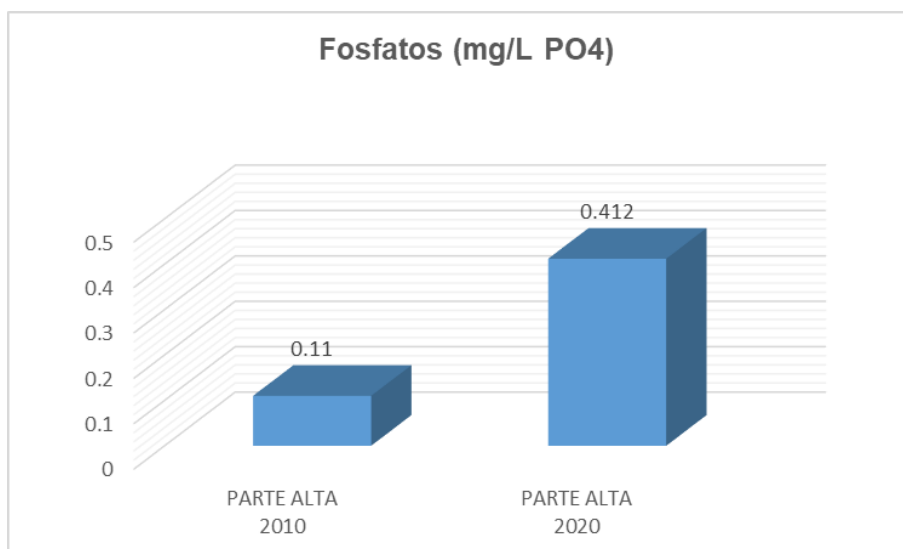


Gráfico 7. Fosfatos  
Fuente Los Autores 2021

## Hierro

Las concentraciones de hierro obtenidas en el caño similóa no superan los límites establecidos en la Resolución 2115 de 2007, las variaciones para este parámetro puede estar relacionado con los proyectos mineros que se desarrollan en esa zona, ya que estos realizan vertimientos de aguas utilizadas en sus procesos de extracción, y aunque no se realizaran vertimientos puntuales, en la investigación realizada en el año (Garzón 2019). Estos proyectos generan desperdicios ricos en hierro; los cuales por acción natural se oxidan, y a causa de las escorrentías transportan dichos materiales al cauce de los afluentes, provocando el aumento en las concentraciones de hierro en los cuerpos de agua.

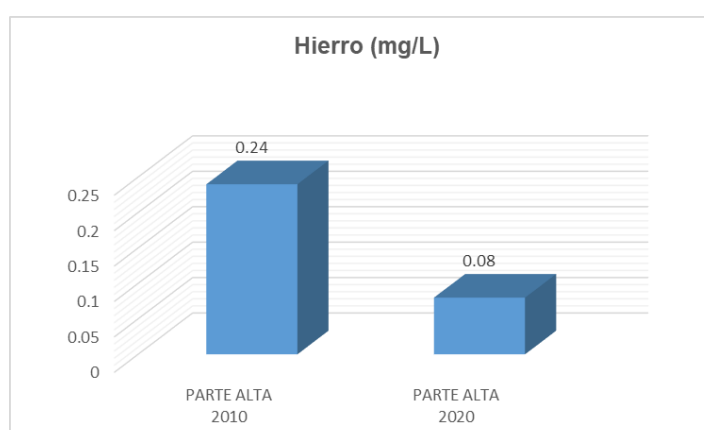


Gráfico 8. Hierro  
Fuente Los Autores 2021

## Nitritos

Los estudios realizados en el Caño Similoa, muestran que las concentraciones de nitritos sobrepasan los límites contemplados en la Resolución 2115 de 2007 para agua potable; según Rodríguez (2012), la presencia de nitritos en el agua es indicador de contaminación fecal reciente, la cual puede ser atribuida a vertimientos realizados por poblaciones aledañas, y/o complejos mineros los cuales suelen realizar vertimientos de aguas residuales domésticas generadas en campamentos; las concentraciones elevadas de nitritos pueden presentar problemas de toxicidad en los cuerpos de agua por lo tanto representan una limitación para el desarrollo de la vida piscícola.

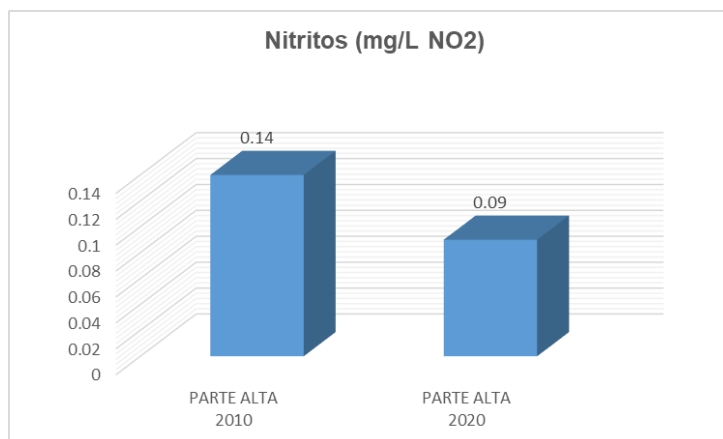


Gráfico 9. Resultados Nitritos.

Fuente Los Autores 2021

## Nitratos

Los niveles de nitratos se mantuvieron bajos en el Caño Similoa; se presenta una disminución de este parámetro con respecto al análisis realizado en el año 2010, dichas variaciones en las concentraciones de nitratos pueden ser producidos tanto por fuentes naturales como antropogénicas, Durán (2016); siendo estas últimas las responsables del importante aumento observado en su concentración, en estas zonas donde se practica una agricultura intensiva se utilizan enormes cantidades de abonos químicos, a los que se suman los abonos naturales que provienen de los excrementos animales. Estos abonos suelen contener una cantidad importante de compuestos nitrogenados, como los nitratos.

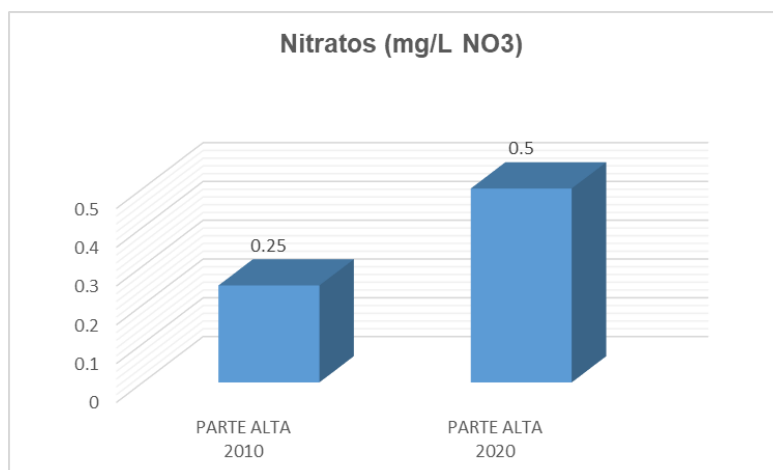


Gráfico 10. Nitratos  
Fuente Los Autores 2021

### Oxígeno Disuelto

Según el Decreto 1594/1984 sobre usos del agua, los resultados para el Caño Similoa están por debajo del rango considerado como apto para uso agrícola. Los bajos valores de oxígeno disuelto medidos en el caño similoa están asociados al aumento de materia orgánica disponible en el cuerpo de agua, lo cual aumenta la actividad de los microorganismos que degradan la materia orgánica disminuyendo los niveles de oxígeno disuelto, Zamora (2009), dicho aumento de la materia orgánica puede estar asociado a vertimientos de aguas residuales tratadas biológicamente, además los aportes por escorrentías que aumentan la presencia de sedimentos con alto contenido de materia orgánica.

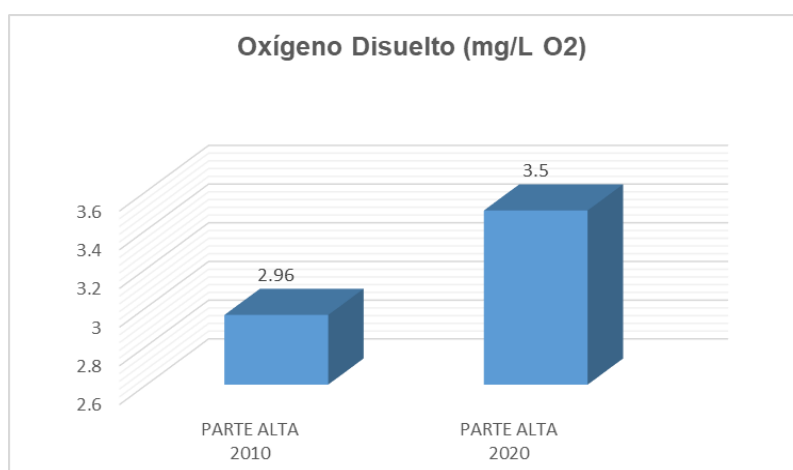


Gráfico 11. Oxígeno Disuelto  
Fuente Los Autores 2021

## PH

En general se puede observar que en la parte alta del Caño Similoa, las aguas tienen un pH ligeramente neutro, el pH se puede ver alertado tanto por acción natural, como por vertimientos de aguas residuales, Castro et al., (2018). En términos generales el caño similoa presenta rangos de pH dentro de los establecidos en la legislación ambiental para sus distintos usos, asegurando un ambiente adecuado para la vida acuática.

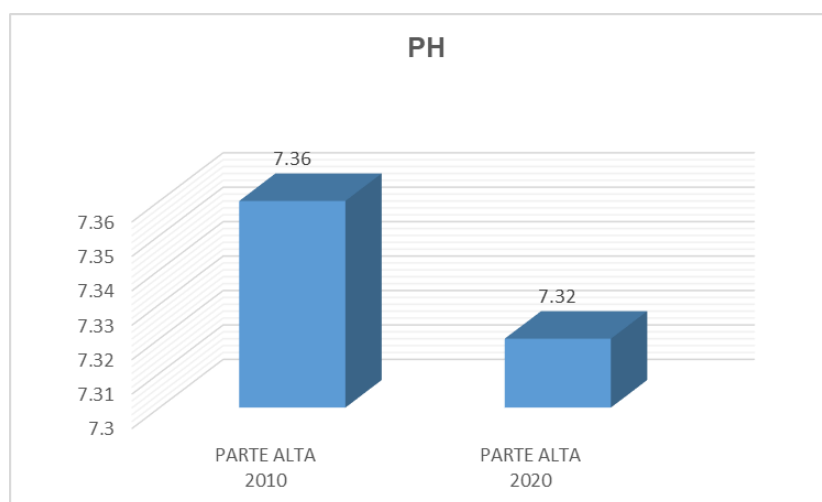
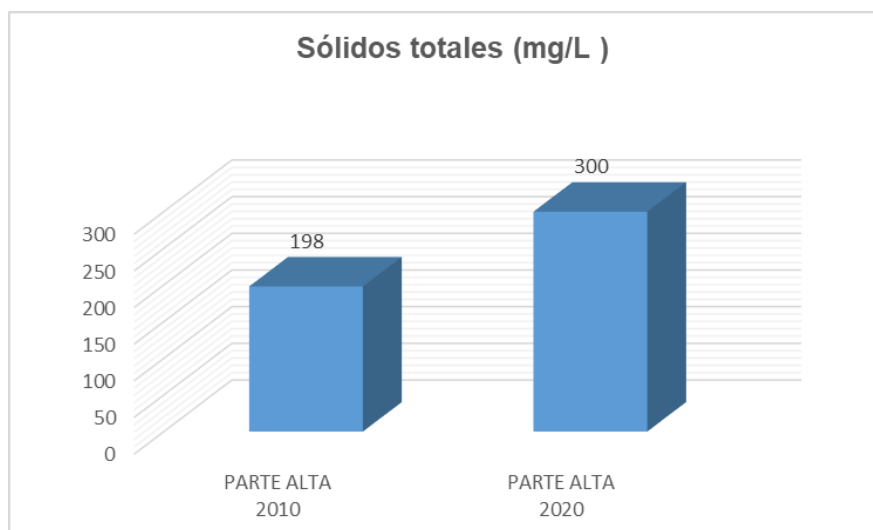


Gráfico 12. Resultados pH  
Fuente Los Autores 2021

## Sólidos totales

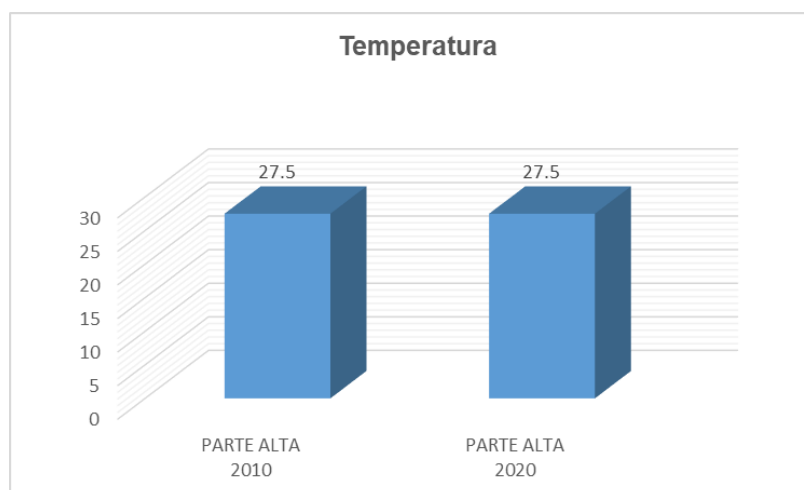
En el grafico se muestran los resultados para los análisis de Sólidos totales y encontrados en el Caño Similoa, donde se registran aumentos en este parámetro, ya que según los reportes de las estaciones seleccionadas para la época de muestreo se registraron lluvias torrenciales; las cuales arrastran sedimentos por acción de las escorrentías superficiales aumentando considerablemente las concentraciones de sólidos García et al., (2008).



*Gráfico 13. Sólidos totales*  
*Fuente. Los Autores 2021*

## Temperatura

El comportamiento de la temperatura registrado muestra resultados con diferencias poco relevantes, con valores inferiores a los establecidos en la resolución 0631 del 2015, la cual establece un valor límite permisible menor o igual a 40°C. La estabilidad en los valores de temperatura es consecuente con los valores de temperatura para zonas tropicales, en donde las temperaturas son similares a lo largo del año.

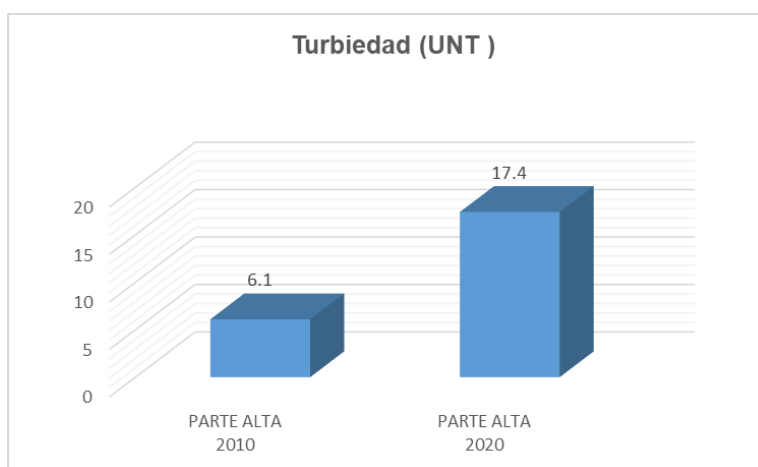


*Gráfico 14. Temperatura*  
*Fuente Los Autores 2021*

## Turbiedad

Según los datos registrados en los análisis efectuados en el Caño Similoa, los valores de turbiedad tuvieron un aumento significativo producto de actividades agrícolas (cultivo de palma africana), además la explotación de mineras, las cuales son procesos desde las cuales se liberaron sedimentos con características de sólidos en suspensión y coloides, Meléndez (2018), arrastrados al cuerpo de agua por la escorrentía pluvial.

Gráfico 15. Turbiedad



Fuente: Autores, 2021

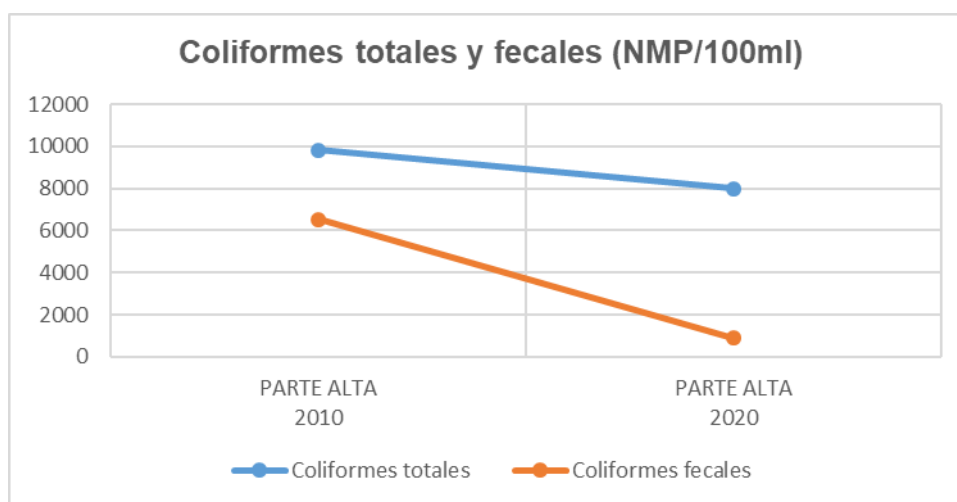
## Coliformes totales y fecales

Se presentó un alto número de coliformes totales y fecales, en la parte alta del Caño Similoa, basándonos en los límites máximos permisibles establecidos tanto en la Resolución 2115 del 2007 (sobre calidad del agua para consumo) como en el Decreto 1594/84 en cuanto a usos del agua (Doméstico y Agrícola) podemos evidenciar en el gráfico (16) que en general los resultados superan los límites establecidos para coliformes totales y fecales, con excepción de los coliformes totales, para el cual no se superan los 20.000NMP/100ml para uso doméstico establecidos en el Decreto 1594/84.

La presencia de coliformes está relacionada con vertimientos de aguas residuales, donde la carga contaminante está principalmente compuesta por materia orgánica de origen fecal, como caso típico de las aguas residuales domésticas, Durán (2016); las cuales en este caso pueden provenir de complejos

mineros cercanos al Caño Similoa, otro aspecto que puede incidir en el incremento de NMP de conformes son las actividades agropecuarias que se realizan en esta zona, todas estas actividades economías aportan elevados porcentajes de materia orgánica de origen fecal, que promueven la proliferación de bacterias y microorganismo en las aguas del caño similoa, incrementando el riesgo para poblaciones cercanas de contraer enfermedades de transmisión hídrica.

Gráfico 16. Coliformes Totales y Fecales



Fuente: Autores, 2021.

## Actividad 2.2. Análisis estadístico

### Correlación de Pearson

Los resultados para las medidas de correlación de Pearson que se muestran en la tabla 13, indican la relación entre las variables fisicoquímicas y microbiológicas analizadas en este estudio, los resultados marcados de color verde indican una correlación significativa al grado de 0,05 para un nivel de confianza del 95%, y los señalados de color naranja al grado de 0,01 con niveles de confianza del 99%, entre las variables analizadas.

Tabla 10. Correlación de Pearson entre las variables fisicoquímicas y microbiológicas analizadas en las aguas del caño similao.

|                                                                | Alc    | CE      | Color real | Cloruros | Dureza total | DBO5    | DQO    | Fosfatos | Fe     | Nitritos | Nitratos | OD     | pH     | ST    | SS    | T°C   | Turbiedad | Coliformes totales | Coliformes fecales |
|----------------------------------------------------------------|--------|---------|------------|----------|--------------|---------|--------|----------|--------|----------|----------|--------|--------|-------|-------|-------|-----------|--------------------|--------------------|
| Alc                                                            | 1      |         |            |          |              |         |        |          |        |          |          |        |        |       |       |       |           |                    |                    |
| CE                                                             | 0,949  | 1       |            |          |              |         |        |          |        |          |          |        |        |       |       |       |           |                    |                    |
| Color real                                                     | -0,756 | -0,924  | 1          |          |              |         |        |          |        |          |          |        |        |       |       |       |           |                    |                    |
| Cloruros                                                       | 0,945  | 1,000** | -0,929     | 1        |              |         |        |          |        |          |          |        |        |       |       |       |           |                    |                    |
| Dureza total                                                   | ,999*  | 0,931   | -0,721     | 0,926    | 1            |         |        |          |        |          |          |        |        |       |       |       |           |                    |                    |
| DBO5                                                           | -0,73  | -0,909  | ,999*      | -0,914   | -0,693       | 1       |        |          |        |          |          |        |        |       |       |       |           |                    |                    |
| DQO                                                            | -0,7   | -0,889  | 0,997      | -0,895   | -0,661       | ,999*   | 1      |          |        |          |          |        |        |       |       |       |           |                    |                    |
| Fosfatos                                                       | -0,916 | -0,996  | 0,955      | -0,997   | -0,894       | 0,943   | 0,927  | 1        |        |          |          |        |        |       |       |       |           |                    |                    |
| Fe                                                             | -0,807 | -0,952  | 0,997      | -0,956   | -0,775       | 0,993   | 0,986  | 0,976    | 1      |          |          |        |        |       |       |       |           |                    |                    |
| Nitritos                                                       | -0,619 | -0,835  | 0,982      | -0,842   | -0,577       | 0,989   | 0,994  | 0,882    | 0,963  | 1        |          |        |        |       |       |       |           |                    |                    |
| Nitratos                                                       | -0,792 | -0,944  | ,998*      | -0,948   | -0,759       | 0,995   | 0,99   | 0,97     | 1,000* | 0,969    | 1        |        |        |       |       |       |           |                    |                    |
| OD                                                             | 0,061  | -0,257  | 0,607      | -0,269   | 0,113        | 0,638   | 0,671  | 0,344    | 0,54   | 0,747    | 0,561    | 1      |        |       |       |       |           |                    |                    |
| pH                                                             | 0,933  | ,999*   | -0,941     | ,999*    | 0,913        | -0,927  | -0,91  | -,999*   | -0,966 | -0,86    | -0,959   | -0,303 | 1      |       |       |       |           |                    |                    |
| ST                                                             | -0,768 | -0,931  | 1,000*     | -0,935   | -0,733       | ,998*   | 0,995  | 0,96     | ,998*  | 0,978    | ,999*    | 0,593  | -0,947 | 1     |       |       |           |                    |                    |
| SS                                                             | -0,633 | -0,845  | 0,985      | -0,852   | -0,592       | 0,991   | 0,996  | 0,89     | 0,968  | 1,000*   | 0,974    | 0,734  | -0,869 | 0,982 | 1     |       |           |                    |                    |
| T°C                                                            | -0,582 | -0,809  | 0,972      | -0,816   | -0,538       | 0,981   | 0,988  | 0,859    | 0,95   | ,999*    | 0,957    | 0,776  | -0,836 | 0,968 | ,998* | 1     |           |                    |                    |
| Turbiedad                                                      | -0,736 | -0,912  | 1,000*     | -0,917   | -0,7         | 1,000** | ,999*  | 0,946    | 0,994  | 0,987    | 0,996    | 0,63   | -0,931 | ,999* | 0,99  | 0,979 | 1         |                    |                    |
| Coliformes totales                                             | -0,678 | -0,876  | 0,994      | -0,882   | -0,639       | ,997*   | 1,000* | 0,916    | 0,981  | 0,997    | 0,986    | 0,692  | -0,897 | 0,992 | ,998* | 0,992 | 0,997     | 1                  |                    |
| Coliformes fecales                                             | -0,82  | -0,959  | 0,995      | -0,962   | -0,789       | 0,99    | 0,983  | 0,981    | 1,000* | 0,957    | ,999*    | 0,521  | -0,971 | 0,996 | 0,962 | 0,943 | 0,991     | 0,977              | 1                  |
| *. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).  |        |         |            |          |              |         |        |          |        |          |          |        |        |       |       |       |           |                    |                    |
| **. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral). |        |         |            |          |              |         |        |          |        |          |          |        |        |       |       |       |           |                    |                    |

Fuente. Los Autores, 2021

Los resultados de los análisis estadísticos obtenidos entre los parámetros analizados, señalan un alto grado de correlación entre la conductividad eléctrica y las concentraciones de cloruros con una significancia de 0,01, (99%), según lo descrito en la investigación realizada por Castro et al., (2017), existe una relación estrecha entre estos parámetros, al incrementarse la cantidad de iones disueltos de cloruros ( $\text{Cl}^-$ ), se incrementa la conductividad eléctrica en el agua, así mismo se presentó una correlación significativa al 0.05, (95%), entre la conductividad eléctrica y los niveles de pH, la cual según el estudio realizado en el año 2009 por Zamora, describe que la cantidad de sales disueltas afecta los valores de pH además, permiten al agua conducir electricidad mucho mejor, ya las sales se separan en iones libres en ella, a través de la cual la corriente eléctrica puede fluir.

Del mismo modo se obtuvieron niveles significativos de correlación lineal positiva entre los parámetros de color real, turbiedad, sólidos totales, nitratos y DBO5, DQO y cloroformes, temperatura nitratos y sólidos suspendidos, lo cual indica que si una variable aumenta, la otra también lo hace; según lo investigado por Durán, (2016), el comportamiento de estos parámetros se encuentra asociado con la presencia de materia orgánica en los cuerpos de agua, complementado con la investigación de Garzón, (2019), donde describe que las relaciones entre estos parámetros, están dadas por las concentraciones de materia en suspensión como materia orgánica e inorgánica, lodos, material coloidal y sustancias húmicas, fúlicas y sólidos suspendidos que se encuentran en el agua, donde la materia orgánica, materia fecal y restos de plantas y animales se oxida por acción de los microorganismos generando nitrificación llevando al aumento de nitratos en el agua, aumentando la disponibilidad de nutrientes, así mismo la acción de microorganismos aumentando la DBO5 Y DQO en las aguas. Por último, se observó una relación significativa entre la alcalinidad y la dureza total, la cual, según Garzón, (2019), esta se debe a que estas variables tienen relación directa con las concentraciones de carbonatos y bicarbonatos, por lo cual, aunque vengan de diferentes fuentes, la presencia de estos componentes afecta directamente los factores de dureza y alcalinidad.

### Análisis de componentes principales (ACP)

Los análisis de componentes principales se realizaron teniendo en cuenta los factores de Alcalinidad (mg/l  $\text{CaCO}_3$ ), Conductividad ( $\mu\text{S/cm}$ ), Color real Hazen, Cloruros mg/l de ( $\text{Cl}^-$ ), Dureza total (mg/l  $\text{CaCO}_3$ ), DBO5 (mg/l  $\text{O}_2$ ), DQO (mg/l  $\text{O}_2$ ), Fosfatos (mg/l  $\text{PO}_4$ ), Hierro (mg/l), Nitritos (mg/l  $\text{NO}_2$ ), Nitratos (mg/l  $\text{NO}_3$ ), Oxígeno Disuelto (mg/l  $\text{O}_2$ ), pH, Sólidos totales (mg/l), Sólidos suspendidos (mg/l), Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), Turbiedad (UNT), Coliformes totales (NMP/100ml), Coliformes fecales (NMP/100ml), para analizar la relación entre estas con las aguas del caño similoa. En esta investigación se efectuaron 2 (ACP), expresados por los componentes 1 y 2, con 89,019% y 10,981% respectivamente, recogiendo un 100% del total de la varianza explicada, la cual se muestra en la tabla 14.

Tabla 11. Varianza total para los parámetros analizados en las aguas del caño similoa.

| Componente | Autovalores iniciales |                  |             | al cuadrado de la extracción |                  |             | cuadrado de la rotación |                  |             |
|------------|-----------------------|------------------|-------------|------------------------------|------------------|-------------|-------------------------|------------------|-------------|
|            | Total                 | % de la varianza | % acumulado | Total                        | % de la varianza | % acumulado | Total                   | % de la varianza | % acumulado |
| 1          | 16,914                | 89,019           | 89,019      | 16,914                       | 89,019           | 89,019      | 9,899                   | 52,099           | 52,099      |
| 2          | 2,086                 | 10,981           | 100,000     | 2,086                        | 10,981           | 100,000     | 9,101                   | 47,901           | 100,000     |
| 3          | ,000                  | ,000             | 100,000     |                              |                  |             |                         |                  |             |
| 4          | ,000                  | ,000             | 100,000     |                              |                  |             |                         |                  |             |
| 5          | ,000                  | ,000             | 100,000     |                              |                  |             |                         |                  |             |
| 6          | ,000                  | ,000             | 100,000     |                              |                  |             |                         |                  |             |
| 7          | ,000                  | ,000             | 100,000     |                              |                  |             |                         |                  |             |
| 8          | ,000                  | ,000             | 100,000     |                              |                  |             |                         |                  |             |
| 9          | ,000                  | ,000             | 100,000     |                              |                  |             |                         |                  |             |
| 10         | ,000                  | ,000             | 100,000     |                              |                  |             |                         |                  |             |
| 11         | ,000                  | ,000             | 100,000     |                              |                  |             |                         |                  |             |
| 12         | ,000                  | ,000             | 100,000     |                              |                  |             |                         |                  |             |
| 13         | ,000                  | ,000             | 100,000     |                              |                  |             |                         |                  |             |
| 14         | ,000                  | ,000             | 100,000     |                              |                  |             |                         |                  |             |
| 15         | ,000                  | ,000             | 100,000     |                              |                  |             |                         |                  |             |
| 16         | ,000                  | ,000             | 100,000     |                              |                  |             |                         |                  |             |
| 17         | ,000                  | ,000             | 100,000     |                              |                  |             |                         |                  |             |
| 18         | ,000                  | ,000             | 100,000     |                              |                  |             |                         |                  |             |
| 19         | ,000                  | ,000             | 100,000     |                              |                  |             |                         |                  |             |

Fuente. Los Autores 2021

Los resultados de la matriz de correlaciones, y la variabilidad explicada por los primeros dos ACPs se indican en la tabla 15. En la cual se observa que los dos primeros componentes principales conjuntamente explican el 100% de la varianza total, por lo cual se seleccionan estos componentes.

*Tabla 12. Componentes rotados para las variables analizadas en las aguas del Caño Similoa.*

|                    | Componente |       |
|--------------------|------------|-------|
|                    | 1          | 2     |
| Alcalinidad        | -,808      | ,589  |
| Conductividad      | -,953      | ,304  |
| Color_real         | ,997       | ,083  |
| Cloruros           | -,956      | ,292  |
| Dureza_total       | -,776      | ,631  |
| DBO5               | ,993       | ,122  |
| DQO                | ,986       | ,165  |
| Fosfatos           | ,976       | -,216 |
| Hierro             | 1,000      | ,001  |
| Nitritos           | ,963       | ,270  |
| Nitratos           | 1,000      | ,026  |
| Oxigeno_Disuelto   | ,539       | ,842  |
| pH                 | -,966      | ,259  |
| Sólidos_totales    | ,998       | ,065  |
| Sólidos_suspensos  | ,968       | ,252  |
| Temperatura        | ,949       | ,314  |
| Turbiedad          | ,994       | ,113  |
| Coliformes_totales | ,981       | ,194  |
| Coliformes_fecales | 1,000      | -,021 |

*Fuente. Los Autores 2021*

A partir de la información sobre las correlaciones de las variables consignada en la tabla 15, podemos realizar un análisis de los componentes seleccionados

**Componente 1:** este está compuesto principalmente por los factores de conductividad eléctrica, color real, turbiedad, temperatura, cloruros, DBO5, DQO, hierro, nitritos, nitratos, pH, sólidos totales, sólidos suspendidos, Coliformes totales y fecales, que representan una varianza total del 89,019%

**Componente 2:** En el cual se ve reflejado el 10,981% de la varianza total analizada, conformado por los factores de fosfatos, oxígeno disuelto, Adicionalmente, se encontraron relación significativa entre las variables de alcalinidad y dureza.

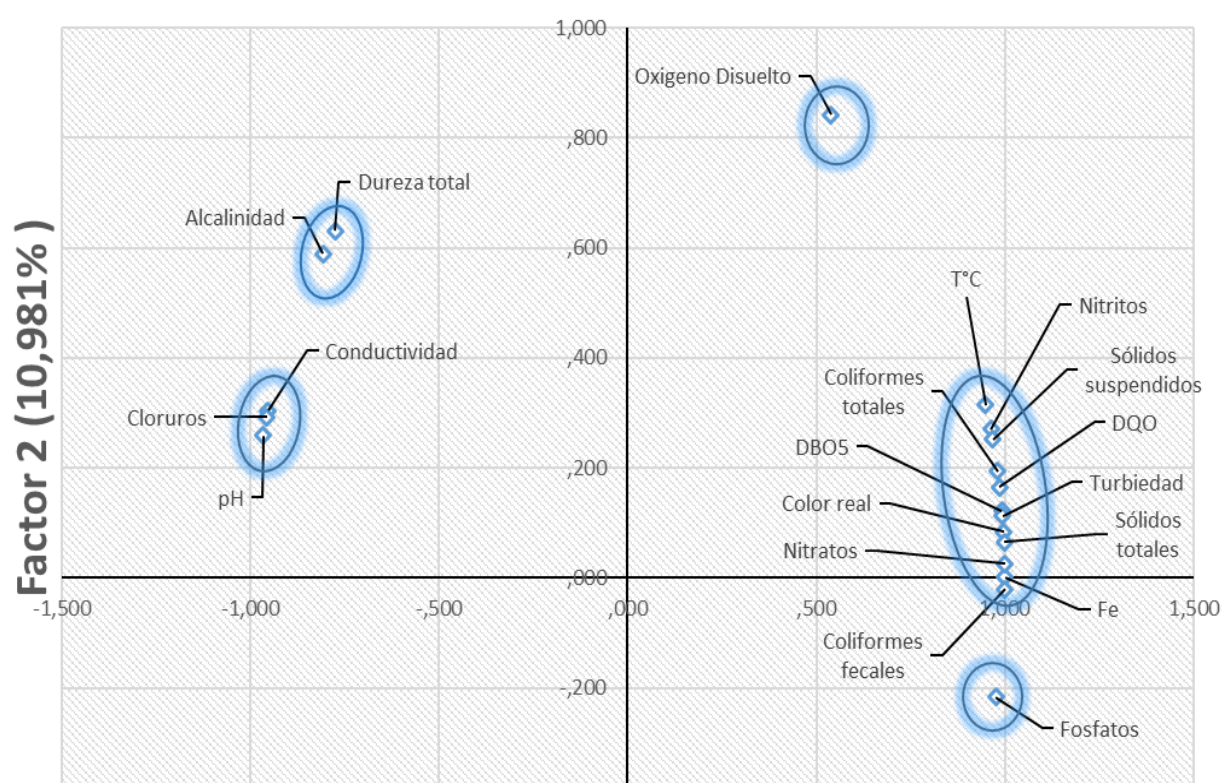


Gráfico 17. Análisis de componentes principales en base a las correlaciones factores 1 y 2  
Fuente: Autores, 2021.

En el gráfico 17, se muestra la información para los componentes 1 y 2 en los cuales se recoge la información más importante con un 100% de la varianza total. Se evidencia la asociación que existe entre los factores de origen orgánico, lo cual, según Garzón, (2019), los factores que se ven influenciados por la presencia de materia orgánica ya sea húmica, fúlvica, materia fecal, restos de plantas y animales; se relacionan en cuanto los procesos de degradación u oxidación de la misma, al producirse una relación directamente proporcional entre los factores Arias et al., (2014). Si aumenta la cantidad de sólidos totales y sólidos suspendidos aumentará la turbidez y el color del agua, por lo general los sólidos ya sean disueltos o suspendidos en el agua son de carácter orgánico, al aumentar el contenido de materia orgánica aumentan los procesos de oxidación de la misma demandando una cantidad mayor de oxígeno aumentando la demanda biológica y la demanda química de oxígeno García et al., (2008).

Del mismo modo se presentó una correlación significativa entre la alcalinidad y la dureza, que está representada en la figura 21, la asociación de estos parámetros presenta una correlación positiva, que según lo investigado por Garzón (2019), estos factores presentan, una relación directamente proporcional, debido a que ambos factores tienen variables en común como carbonatos y bicarbonatos, las cuales permiten que estas aumenten o disminuyan. Además se identifica una agrupación más de variables, las cuales son el pH, conductividad eléctrica y cloruros, dichas variables señalan un alto nivel de correlación, según los autores Castro et al., (2017), Arias et al., (2014) y Meléndez (2018), existe una asociación estrecha entre estos parámetros, al incrementarse la cantidad de iones disueltos de cloruros ( $\text{Cl}^-$ ) los cuales son sales del ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ), se incrementa la conductividad eléctrica y se ven variados los valores de pH en el agua.

## Actividad 2.3. Cálculos de la morfometría de la cuenca

### Parámetros Morfométricos de la Cuenca

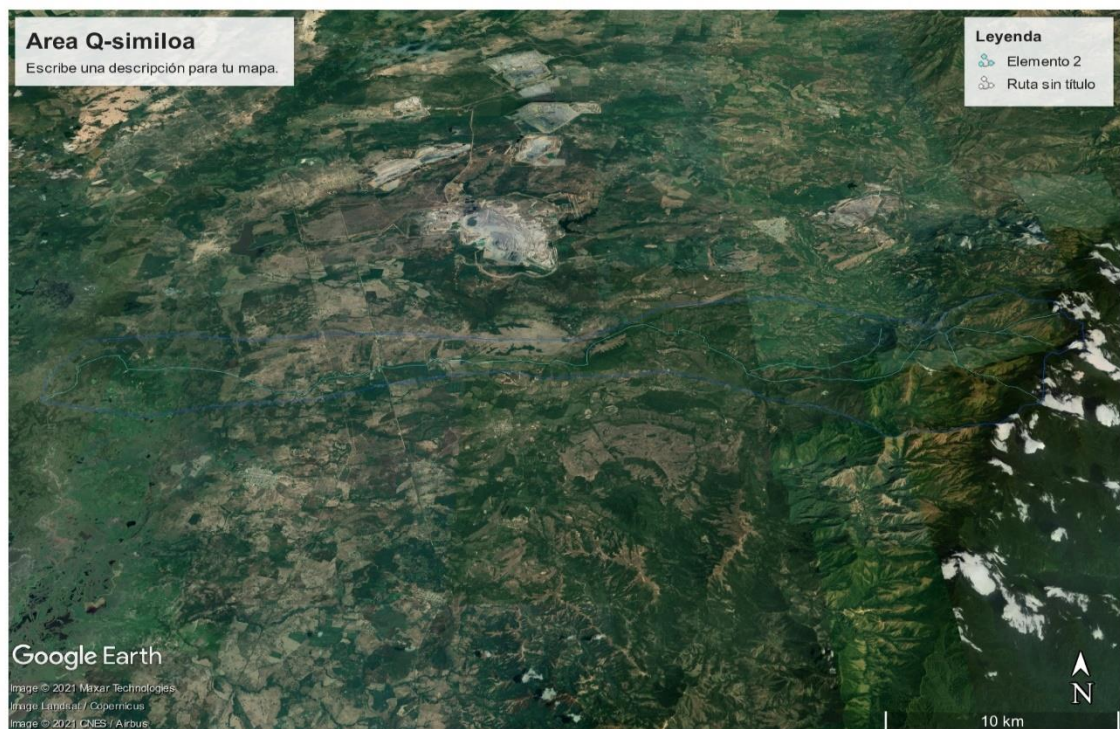


Ilustración 4. Cuenca Caño Similoa

Fuente: Adaptado a partir de Google Earth, 2021

### Área y perímetro

La cuenca del Caño Similoa tiene un área de 88,2 Km<sup>2</sup> y un perímetro de 866,70 Km.

### Longitud del cauce principal

El cauce principal “Caño Similoa” tiene una extensión de 55,2 Km.

### Forma

Este índice influye en el régimen hidrológico, que relaciona el movimiento del agua en la cuenca y los efectos de este movimiento. Este índice se puede utilizar para hacer un diagnóstico del comportamiento de la cuenca, determinándose las crecidas, que se evalúan por el tiempo de concentración, y así se determina que el tiempo de concentración es mayor en cuencas alargadas que en cuencas redondas.

### Factor de Forma (Ff)

Expresa la relación entre el ancho promedio y la longitud axial de la Cuenca. La longitud axial se mide desde la desembocadura hasta el punto más lejano de la cuenca. Se representa en la siguiente ecuación:

$$Ff = \frac{Ap}{Lx}$$

$$\text{Si, } Ap = \frac{A}{Lx}$$

Donde,

$Ap$  = Ancho promedio de la cuenca

$Lx$  = Longitud Axial

$A$  = Area de la cuenca en  $Km^2$

Entonces:

$$Ff = \frac{A}{(Lx)^2}$$

$$Ff = \frac{88,2 Km^2}{(42,30 Km)^2}$$

$$Ff = 0,049$$

Ya que el factor forma tiende a cero, afirmamos que la cuenca es alargada.

### Coeficiente de Compacidad o de Gravelius (KC)

El coeficiente de compacidad de Gravelius (GRAVELIUS, 1914) compara la longitud del perímetro con el perímetro de un círculo con la misma superficie que la cuenca. Este coeficiente indica la mayor o menor compacidad de la cuenca por la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro del círculo que tiene la misma superficie que la cuenca:

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

$Kc$  = Coeficiente de compacidad de Gravelius

$P$  = Perímetro de la cuenca

$A = \text{Área de la cuenca}$

Cuanto más cerca está el índice de la unidad, más circular y, por lo tanto, más compacta será la cuenca, y esta aumenta al disminuir la compacidad. Entonces;

$$Kc = 0,28 \frac{866,70}{\sqrt{88,2}}$$

$$Kc = 2,51$$

Lo que nos confirma que la cuenca no tiene forma circular y menos aún es compacta.

### **La razón de elongación (re)**

Es la relación entre el diámetro de un círculo de la misma superficie que la cuenca y la longitud máxima del mismo. La fórmula propuesta por SCHUMM (1956) es la siguiente:

$$Re = \frac{1,129\sqrt{A}}{L}$$

Así valores de Re inferiores a 1 implicarán formas alargadas, cuanto menor sea Re más alargada será la forma de la cuenca (JARDÍ, 1985).

$$Re = \frac{1,129\sqrt{88,2}}{55,2}$$

$$Re = 0,19$$

Al obtener un el Rc con un valor inferior a 1, se confirma que la cuenca es alargada. Hecho que corrobora lo indicado por SENCIALES (1999) respecto a que los índices más bajos son de baja pendiente.

### **Elevaciones**

El estudio de la distribución de la elevación es útil para analizar el movimiento del agua en la cuenca. La altitud está directamente relacionada con la precipitación y la temperatura.

Tabla 13. Elevaciones

| CURVAS DE NIVEL (M) | ÁREA ENTRE CURVAS DE NIVEL (KM <sup>2</sup> ) | ÁREA (%)    | ÁREA ACUMULADA (%) |
|---------------------|-----------------------------------------------|-------------|--------------------|
| 150 – 100           | 15,72442854                                   | 0,15074853  | 0,15074853         |
| 100 – Divorcio      | 74,245566                                     | 74,50348161 | 100                |

Fuente. Autores 2021

### Altitud Media de la Cuenca (E)

La altitud media nos permite evaluar ciertas características del relieve y como se relacionan con la erosión. Teniendo en cuenta mapa topográfico se promedian las curvas de nivel y se calcula el área entre curvas, siendo este un índice ponderado por el área. La altitud media se determina mediante la siguiente ecuación:

$$E = \frac{\sum(e * a)}{A}$$

Donde:

$E$  = Altitud media de la cuenca

$e$  = el promedio entre curvas

$a$  = Área entre curvas

$A$  = Área de la cuenca

Tabla 14. Altitud Media de la Cuenca (E)

| Curvas de Nivel (m) | Promedio curvas de nivel (e) en (Km) | Área entre curvas de nivel (a) en (Km <sup>2</sup> ) | (e*a)       |
|---------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------|
| 150 – 100           | 0,25                                 | 73,72442854                                          | 0.060474204 |
| 100 – Divorcio      | 0,25                                 | 0,15074853                                           | 3,686221427 |
| Total               |                                      | 78,01239413                                          | 4,35605947  |

Fuente. Autores 2021

$$E = \frac{\sum(e * a)}{A}$$

$$E = \frac{4,35}{78,01}$$

$$E = 0,055 \text{ Km ó } 55 \text{ m}$$

## **Localización**

El municipio de Chiriguaná pertenece a la red hidrológica de la margen oriental del río Cesar. Este consiste en un sistema de ciénagas, cuencas y subcuencas. Estos acumulan cuerpos de agua en las vertientes occidentales de las serranías orientales y drenan hacia las ciudades orientales.

El Caño Similoa nace en la parte alta de arenas blancas y Poponte, a una altura de 180 m.s.n.m., en las laderas del cerro la cuchilla, este tiene un recorrido de 55,2 km, siendo los arroyos las Delicias, San José y los Arrieros los que alimentan su caudal. Desemboca en la ciénaga Chepito y Pajara a una altura de 30 msnm.

El Caño Similoa se compone por una unidad de segundo orden que es el Arroyo José y dos de tercer orden que son el Arroyo las Delicias y el Arriero. La Subcuenca del Caño Similoa limita al norte con la subcuenca de la quebrada las Animas, al sur con la Subcuenca del Arroyo Jobito, al oeste con la cuenca del río Cesar y al este con la microcuenca de la quebrada Mochila.

## **Estudios hidrológicos**

La hidrología de Chiriguaná está controlada principalmente por la cuenca baja del Río Cesar, que se clasifica como cuenca de primer nivel, siendo el principal río de la ciudad afluente. La cuenca pertenece a la cuenca. En la misma zona se ubican la parte oriental de la frontera, y las subcuencas de los ríos Curumaní y Anime, Los restantes sistemas de drenaje de Arroyo Jobito, Similoa y las Animas pertenecen a microcuencas hidrográficas cortas, formadas por arroyos y arroyos. Asimismo, en la parte occidental del Cesar, existe una zona con niveles bajos de agua e inundaciones durante la época de lluvias. Se caracteriza por una serie de pantanos y curvas sinuosas.

En el área de estudio se encontraron 10 estaciones de medición de precipitaciones ubicadas en, Chiriguaná, El Paso, Curumani, La Jagua de Ibirico, Astrea, Chimichagua.

Tabla 15. Estaciones de medición pluviométrica - Promedios Climatológicos (1981-2010)  
IDEAM

| NOMBRE       | CÓDIGO  | ELEVACIÓN<br>(m.s.n.m) | MUNICIPIO           | PRECIPITACIÓN<br>(mm) PARA EL<br>MES DE<br>OCTUBRE | NUMERO DE<br>DÍAS CON<br>LLUVIA PARA<br>EL MES DE<br>OCTUBRE |
|--------------|---------|------------------------|---------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Chiriguaná   | 2502525 | 40                     | Chiriguaná          | 281.5 mm                                           | 13                                                           |
| Rincón Hondo | 2502026 | 100                    | Chiriguaná          | 365.3 mm                                           | 13                                                           |
| La Loma      | 2502028 | 30                     | El Paso             | 220.5                                              | 9                                                            |
| Poponte      | 2502069 | 500                    | Curumani            | 246.7                                              | 8                                                            |
| La Primavera | 2502092 | 500                    | Curumani            | 302.1                                              | 15                                                           |
| La Jagua     | 2502023 | 170                    | La Jagua de Ibirico | 270.6                                              | 12                                                           |
| Astrea       | 2502022 | 50                     | Astrea              | 244.8                                              | 9                                                            |
| Chimichagua  | 2502124 | 138                    | Chimichagua         | 342.5                                              | 11                                                           |
| El Canal     | 2502024 | 70                     | Chimichagua         | 237.4                                              | 9                                                            |
| Saloa        | 2502027 | 90                     | Chimichagua         | 341.3                                              | 14                                                           |

Fuente. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (1981-2010) IDEAM

### **6.3. FASE 3. PROPONER MEDIDAS AMBIENTALES PARA EL CUIDADO, PRESERVACIÓN Y USO EFICIENTE DEL AGUA EN EL CAÑO SIMILOA EN EL MUNICIPIO DE CHIRIGUANÁ - CESAR.**

#### **Actividad 3.1. Aplicación de las Alternativas para la Preservación, Protección y Uso Eficiente del Agua del Caño Similoa en el Municipio De Chiriguaná – Cesar.**

En base a los resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica y microbiológica de la fuente hídrica, y el diagnóstico ambiental se establecieron el diseño de unos programas y actividades para la conservación y el desarrollo sostenible de la cuenca que permitieron mitigar y compensar los impactos ambientales negativos presentes en todo su cauce, estas alternativas estuvieron enfocadas a la preservación de toda la cobertura vegetal y uso eficiente del Caño Similoa. basándonos en los resultados de los estudios que se realizaron en el diagnóstico del área de estudio, se establecieron objetivos en función al balance de las potencialidades y limitaciones observadas, a las necesidades y aspiraciones de la población y a las posibilidades reales de utilización de los recursos técnicos y financieros que se pueden movilizar en beneficio del Plan. La magnitud de las necesidades actuales del área y la limitación de los recursos, la escasa capacitaciones de gran mayoría de las poblaciones obligan a actuar con mucho realismo y constancia, estableciendo una serie de estrategias con acciones prioritarias que prevalezcan en el tiempo los programas y proyectos escalonando el cumplimiento de los objetivos.

La siguiente sección presenta los programas y proyectos propuestos para el mejoramiento del desarrollo social de la población y optimización de la cuenca en estudio.

| PROGRAMA PROTECCIÓN AL MEDIO AMBIENTE                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>OBJETIVO:</b>                                                                                                          | Promover el desarrollo sostenible de los recursos naturales del Caño Similoa y las quebradas aledañas, mediante el mejoramiento de la administración local, el manejo adecuado para la conservación del caño en estudio. |                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                         |
| <b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b>                                                                                             | <p>Describir el manejo ambiental de la cuenca, fauna y flora</p> <p>Promover la educación ambiental.</p> <p>Fortalecer las Investigaciones ambientales</p>                                                               |                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                         |
| <b>META</b>                                                                                                               | Recopilar información que nos ayude a brindar una óptima capacitación a la población que subexiste de la fuente hídrica y a la vez nos permitan crear una conciencia local                                               |                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                         |
| <b>INDICADOR</b>                                                                                                          | <p># <u>personas población</u></p> <p># <u>personas capacitadas</u></p>                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                         |
| <b>SUBPROGRAMAS</b>                                                                                                       | <b>Objetivos específicos</b>                                                                                                                                                                                             | <b>Indicador Seguimiento</b>                                                                                                                                             | <b>Meta</b>                                                                                                                             |
| <b>I.</b> Diseño, montaje y operación de una red de monitoreo de variables hidrológicas y calidad de agua para la cuenca. | Instalar en la cuenca alta media y baja estaciones de monitoreo para hacer seguimiento a la calidad del agua del Caño Similoa                                                                                            | # de equipos utilizados para el monitoreo de la calidad del agua / Cumplimiento de los Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos establecidos en la normativa vigente. | En el primer año de ejecución consolidar esa área de monitoreo como una fuente de información, consultoría para futuras investigaciones |
| <b>II.</b> Adecuación y mejoramiento de los suelos para reducir la desertificación.                                       | Fomentar el uso de prácticas edáficas sustentables tendientes a la recuperación mantenimiento del potencial productivo de los suelos.                                                                                    | Prácticas sustentables del uso del suelo.<br><u>%hectárea mejorada</u><br>%hectárea propuesta                                                                            | En el tercer año lograr un 10 % de las hectáreas recuperadas.                                                                           |
|                                                                                                                           | Proteger los ecosistemas presentes en toda la cuenca.                                                                                                                                                                    | Documento Técnico con la evaluación económica, financiera y socioambiental de los recursos pesqueros de la cuenca.                                                       | Un documento técnico que contenga la descripción de los ambientes                                                                       |

|                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>III. Recuperación y manejo sostenible de los recursos naturales pesqueros.</b></p>                                       | <p>Implementar procesos de intervención para el desarrollo sostenible de la piscicultura. Realizar una evaluación económica, financiera y socioambiental de los recursos pesqueros de la cuenca.</p>        | <p><u>#proyectos ejecutados</u><br/>#proyectos propuestos</p>                                                                                                                        | <p>acuáticos, especies e índices de calidad de hábitats, socioambiental de los recursos pesqueros de la cuenca.</p> <p>10 proyectos pesqueros implementados.</p>                                                |
| <p><b>IV. Implementación de instrumentos de compensación para desarrollo de actividades que impactan el medio ambiente</b></p> | <p>Formular de propuesta técnica y financiera de actividades de compensación de la biodiversidad. Ejecutar de corredores de conservación de importancia ecológica por compensación de la biodiversidad.</p> | <p>Documento técnico que contenga una propuesta técnica y financiera de las actividades a desarrollar por compensación de la biodiversidad.</p> <p># de hectáreas implementadas.</p> | <p>Un documento técnico que contenga propuesta técnica y financiera de las actividades a desarrollar por compensación de la biodiversidad.</p> <p>20.000 hectáreas por compensación forestal implementadas.</p> |

| <b>PROGRAMA PLANIFICACIÓN DEL ORDENAMIENTO AMBIENTAL TERRITORIAL Y GESTIÓN DEL RIESGO PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE.</b>                          |                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                    |                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>OBJETIVO:</b>                                                                                                                                  | Desarrollo de un plan integral para el manejo del riesgo en áreas expuestas a fenómenos de inundación, movimientos de remoción en masa, avenidas torrenciales e incendios forestales.                               |                                                                                                                                    |                                                                                                                    |
| <b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b>                                                                                                                     | <p>Priorizar el uso eficiente de los recursos naturales y control de la contaminación ambiental.</p> <p>Ejecutar el plan integral en las áreas identificadas como expuestas a eventos amenazantes en la cuenca.</p> |                                                                                                                                    |                                                                                                                    |
| <b>META</b>                                                                                                                                       | 100% del desarrollo e implementación del plan integral para el manejo del riesgo en esas zonas.                                                                                                                     |                                                                                                                                    |                                                                                                                    |
| <b>INDICADOR</b>                                                                                                                                  | % avance en el desarrollo del plan Integral para el manejo del riesgo.                                                                                                                                              |                                                                                                                                    |                                                                                                                    |
| <b>SUBPROGRAMAS</b>                                                                                                                               | <b>Objetivos específicos</b>                                                                                                                                                                                        | <b>Indicador Seguimiento</b>                                                                                                       | <b>Meta</b>                                                                                                        |
| <b>I. Manejo del riesgo en zonas críticas de diferentes municipios de la cuenca y fortalecimiento de organismos para atención de emergencias.</b> | Diseñar un plan integral para el manejo del riesgo en áreas expuestas a eventos amenazantes en el área de la cuenca.                                                                                                | <p>% de avance del diseño del plan integral para el manejo del riesgo.</p> <p>%actividad ejecutada</p> <p>%actividad propuesta</p> | <p>100% en la ejecución del Plan Integral para el manejo del Riesgo.</p> <p>100% del diseño del Plan Integral.</p> |
| <b>II. Implementación del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico PORH para la cuenca.</b>                                                       | Hacer seguimiento a la implementación del plan de ordenamiento del recurso hídrico de la Cuenca del Río.                                                                                                            | # de documentos con informe de seguimiento a la implementación del PORH.                                                           | 8 documentos con informe de seguimiento a la implementación del PORH (1 por año de implementación)                 |
|                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                    |                                                                                                                    |

|                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>III.</b> Fortalecimiento de los programas para la Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS en las áreas rurales y urbanas. | Elaborar estudios y diseños de alternativas de gestión de residuos sólidos para los diferentes corregimientos y veredas de la cuenca del Río Bajo Cesar - Ciénaga Zapatosa. | # de estudios y diseños de alternativas de gestión de residuos sólidos para los diferentes corregimientos y veredas de la cuenca del Río Bajo Cesar - Ciénaga Zapatosa realizados | 1 Estudio y diseño de alternativas de gestión de residuos sólidos para los diferentes corregimientos y veredas de la cuenca realizado. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| <b>PROGRAMA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO, PARTICIPACION Y CAPACITACION AMBIENTAL.</b>                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                |                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <b>OBJETIVO</b>                                                                                                        | Implementar acciones de carácter socioambiental para promover la participación tanto como rural y urbana de la población que reside a en todo el corredor hídrico y en todo el casco urbano del municipio de Chiriguana.                                                                                                |                                                |                                                         |
| <b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b>                                                                                          | Hacer un seguimiento riguroso a la implementación de acciones de educación ambiental para que cumplan el debido proceso. Además de ello lograr la participación masiva de las autoridades competentes, las instituciones, las entidades de carácter privado, para lograr el desarrollo socio ambiental de la población. |                                                |                                                         |
| <b>META</b>                                                                                                            | 11 municipios con acciones de Educación Ambiental                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                |                                                         |
| <b>INDICADOR</b>                                                                                                       | # acciones ejecutadas / # acciones planeadas.                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                |                                                         |
| <b>SUBPROGRAMAS</b>                                                                                                    | <b>Objetivos</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>Indicador Seguimiento</b>                   | <b>Meta</b>                                             |
| <b>I.</b> Implementación de acciones educativas ambientales en el marco de la Política Nacional de Educación Ambiental | Diseñar acciones educativas ambientales para incorporar la dimensión ambiental en la educación formal y no formal a través del                                                                                                                                                                                          | # de acciones educativas ambientales diseñadas | 11 acciones educativas diseñada, 1 para cada municipio. |

|                                                                       | direccionamiento de los CIDEA.                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| II. incentivos para núcleos familiares que conservan los ecosistemas. | <p>Identificar las áreas de ecosistemas estratégicos para implementar esquemas de incentivos económicos por conservación.</p> <p>Generar acuerdos institucionales para el buen funcionamiento del esquema de incentivos económicos definido.</p> | <p>% de hectáreas identificadas para aplicar esquema de incentivos económicos por conservación.</p> <p># de convenios institucionales para el funcionamiento del esquema de incentivos económicos.</p> | <p>100% del área de ecosistemas estratégicos identificados para aplicar esquema de incentivos económicos por conservación.</p> <p>11 convenios institucionales firmados (1 por municipio).</p> |

Este Plan a través de programas y proyectos prioritarios; que apuntan a resolver la problemática ambiental que presenta la cuenca y desarrollar las potencialidades de la oferta natural de la región, están enfocados en:

- a. Fortalecer la educación ambiental en el municipio de Chiriguaná para la transformación de cultura ciudadana.
- b. Restaurar la cuenca hidrográfica y arroyos vecinos, para garantizar la oferta hídrica y el abastecimiento de agua para consumo humano y otros usos.
- c. Fortalecer la planificación ambiental territorial hacia el desarrollo sostenible, con enfoque de adaptación y mitigación de contaminantes derivados de las actividades carboníferas y cultivos de palma.

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

De acuerdo a los resultados mostrados por los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, se obtuvieron las siguientes conclusiones, sobre la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua en el Caño Similoa influencia por las actividades mineras y el cultivo de palma en el municipio de Chiriguaná - cesar.

Las muestras de agua recolectadas en los puntos seleccionados del caño similoa para la determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos revelaron que existe un deterioro en la calidad microbiológica de la misma, asociada a las elevadas concentraciones de Coliformes totales y fecales, los cuales no cumplen con los valores mínimos que exigen la Resoluciones 2115 del 2007 y el Decreto 1594/84. Salvo a esto se evidencia una cierta disminución en la concentración de ciertos parámetros importantes, como alcalinidad, conductividad, color, cloruros, DBO5, DQO, Hierro, Nitritos, y Coliformes totales y fecales.

De la misma manera las elevadas concentraciones de hierro y nitritos en los diferentes puntos de muestreo evidencian que las poblaciones aledañas están siendo expuestas a la utilización y posible consumo de agua la cual no es potable, ni de libre uso recreativo doméstico o agrícola, debido a que las concentraciones de los parámetros antes mencionados sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos en la legislación colombiana, y pueden causar enfermedades de transmisión hídrica.

Este diagnóstico permitió evidenciar que la calidad del agua en el caño similoa se está viendo afectada por las actividades antrópicas que allí se desarrollan, como las actividades agrícolas, principalmente el cultivo de palma, el cual demanda una gran cantidad del recurso hídrico, y la utilización de grandes cantidades de plaguicidas y fertilizantes para su proceso de producción y aprovechamiento, así mismo las actividades mineras, principal mente proyectos de explotación carboníferos, con presencia de grandes empresas como Prodeco y Drummond las cuales establecen grandes campamentos dentro de las zonas de explotación en los cuales se generan aguas residuales de tipo domestico que por lo general tienen altos contenidos de Coliformes procedentes de materia fecal, además de las aguas residuales generadas por las tareas de extracción

del mineral que son vertidas a las fuentes hídricas superficiales más cercanas al proyecto, la afirmación anterior se puede corroborar con los resultados obtenidos para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, en los cuales se muestra un aumento desde la parte alta hacia la parte más baja del Caño Similoa en las concentraciones para la mayoría de los factores analizados, siendo el alto contenido de Coliformes fecales el más alarmante.

## **RECOMENDACIONES**

Aumentar la participación de los actores y/o productores en los programas de recuperación y protección de las cuencas hidrográficas, socializar e implementar las medidas que se proponen en los planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas (POMCA) llevado a cabo por las autoridades ambientales competentes, y con el cual se realiza la planeación para el uso adecuado de los recursos naturales con el propósito de mantener el equilibrio entre el aprovechamiento social y económico de dichos recursos.

incluir al estudio otros parámetros como metales pesados, así realizar un análisis más completo sobre los vertimientos del sector minero.

Así mismo se es necesario un estricto control y vigilancia en el tema de vertimientos puntuales que se realizan ya sea por las distintas actividades agrícolas o del sector minero en las fuentes de agua superficiales, en este caso el caño similoa. Implementando procesos para la gestión integral del recurso hídrico centrándose en el control de la contaminación.

Impulsar a la gobernación del Departamento del Cesar, Alcaldías, y a todas las autoridades ambientales competentes “CORPOCESAR” y demás entes territoriales a la realización de proyectos de conservación y recuperación del recurso hídrico, además del seguimiento de los vertimientos puntuales presentes en la cuenca.

## REFERENCIAS

- Ander-Egg, Ezequiel (1987): Técnicas de investigación social. 21a. ed. México: El Ateneo (Colección guidance).
- Aznar J., Antonio. 2000. Instituto Tecnológico de Química y Materiales “Álvaro Alonso Barba”. Universidad Carlos III. Avd. de la Universidad 30. 28911-Leganés. Madrid.
- Basto y Rojas, L. (25 de agosto de 2017). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA POR MEDIO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y PARÁMETROS BIOLÓGICOS EN LA QUEBRADA PADRE DE JESÚS. Obtenido de Repositorio de la Universidad Distrital: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/6722/1/RojasRubioLeidyVanessa2017.pdf>
- Bernal Valbuena, J. C. (2018) Reconfiguración espacial del capital y ejercicio de ciudadanía rural en el marco de un conflicto ambiental minero: el caso de la empresa Drummond, Cesar. *Departamento de Sociología*.
- Cardoso, A. (2015). Behind the life cycle of coal: Socio-environmental liabilities of coal mining in Cesar, Colombia. *Ecological Economics*, 120, 71-82.
- Castro, E. (2009). Aspectos geológicos y principales consideraciones de la evaluación ambiental estratégica (diagnóstico ambiental) del distrito minero La Jagua, departamento del Cesar.
- Chacon, M. Y. (2016). Análisis físico y químico de la calidad del agua. Bogotá D.C: Ediciones USTA
- Cifuentes y León, C. R. (01 de enero de 2017). CARACTERIZACIÓN FÍSICO- QUÍMICA QUEBRADA LAS DELICIAS "SENDERO ECOLÓGICO QUEBRADA LAS DELICIAS". Recuperado el 26 de Agosto de 2018, de Repositorio de la Universidad Distrital Francisco José De

Caldas:

<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/13137/1/CifuentesPericoChristianRicardo2018.pdf>

- Clalizherga. (2005). Cálamo. Obtenido de Determinación de Sólidos Totales en Aguas: <https://es.calameo.com/books/0002796592bf31085cf85>.
- Correa Fernández, M. D. J. (2018). Impacto socio-económico de la minería en el Cesar, Guajira y Magdalena.
- Corporación Autónoma Regional - Corpocesar & Universidad de Córdoba, (2012). Identificación de determinantes ambientales y elementos articuladores regionales en el ordenamiento territorial en área de jurisdicción de CORPOCESAR. Recuperado de: <https://www.corpocesar.gov.co/files/RESOLUCION%20DETERMINANTES%20AMBIENTALES.pdf>.
- Cuintaco Sarmiento, D., & Robayo Reyes, T. (2019). Evaluación de la calidad del agua mediante el uso del índice de contaminación (ICOMO) y su relación con el índice biológico (BMWP/Col) en el caño seco, Restrepo Meta.
- Durán, L. E. G. (2016). Evaluación de la calidad de agua de Ríos de Colombia usando parámetros fisicoquímicos y biológicos. *Dinámica ambiental*, (1), 83-102.
- Federation, W. E., & American Public Health Association. (2005). Standard methods for the examination of water and wastewater. *American Public Health Association (APHA): Washington, DC, USA*.
- Fournier M. L., Castillo L. E., Ramírez F., Moraga G., Rupert C. 2018. Evaluación preliminar del área agrícola y su influencia sobre la calidad del

agua en el Golfo Dulce, Costa Rica. Revista de Ciencias Ambientales (Trop J Environ Sci). Vol. 53(1): 92-112. <http://dx.doi.org/10.15359/rca.53-1.5>

- Galván, T. M. (14 de Junio de 2007). SÓLIDOS TOTALES SECADOS. Obtenido de IDEAM
- Gálvez, J. J. (2011). CARTILLA TÉCNICA: AGUA SUBTERRANEA - ACUIFERO. Lima, Perú: Foro peruano para el agua.
- García, Norma; Puentes, Odalis; Montalvo, José F. Contaminación orgánica en el sector de la bahía de buena vista cercano a la desembocadura del río guaño, villa clara, cuba. Revista Cubana de Química, núm. 3, 2008, pp. 39-46
- Gómez Hernández, S. P., & Rojas Cano, S. M. (2014). Afectación ambiental de la calidad del agua del caño Cascabel generada por la explotación minera artesanal del municipio de Marmato departamento de Caldas.
- González Meléndez, V. (2018). Evaluación del impacto ambiental de los vertimientos de minería aurífera sobre la quebrada bemango (remango) en el municipio de Buriticá departamento de Antioquia. Maestría en medio ambiente y desarrollo. Universidad de Manizales.
- González Serrano, M. X. (2013). *Las transformaciones culturales y territoriales ocasionadas por la minería a gran escala el caso de la comunidad de Boquerón (Cesar-Colombia)* (Masters tesis, Facultad de Ciencias Políticas y Relaciones Internacionales).

- Gutiérrez Otálvaro, A. M., & Angarita Herrera, W. (2017). Evaluación fisicoquímica y microbiológica de los vertimientos generados sobre el Caño el Cristo correspondiente al municipio de Aguachica, Cesar y formulación de alternativas de mitigación (doctoral disertación).
- IPBES, (2019). Diagnóstico de la información ambiental y social respecto a la actividad minera y la extracción ilícita de minerales en el país. Documento de Investigación científica y sociológica respecto a los impactos de la actividad minera y la explotación ilícita de minerales, en los ecosistemas del territorio colombiano. Recuperado de: <http://www.humboldt.org.co/images/documentos/2-diagnostico-actividad-minera-y-explotacin-ilicita-expertos.pdf>
- KEVERN, 1989. Parámetros fisicoquímicos: alcalinidad. Recuperado de: <http://fleyccorp.com/wp-content/uploads/2017/12/Manual-t%C3%A9cnicas-anal%C3%ADticas-Hach-Lange.pdf>
- MADIGAN, M.; MARTINKU, J. Y PARKER, J. (1997). "Biología de los microorganismos". Prentice Hall. Madrid. Octava edición. 986 págs.
- Mapa del Conflicto Minería de Carbón – Drummond - PRODECO - Murray Energy – Cesar. (2017). Observatorio de Conflictos Ambientales - OCA
- Martínez Gómez, S. J. (2016). Factores de contaminación ambiental por el desarrollo de proyectos petroleros en el Caño el Ingeniero, municipio de Puerto Gaitán Meta.
- Mejía M. (2005). Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El limón, San Jerónimo, Honduras. Tesis en Magister Scientiae en manejo integrado de cuencas

hidrográficas. CATIE (centro agronómico tropical de investigación y enseñanza). Costa Rica.

- Mendoza Vargas, J. I. (2015). Análisis del impacto socio-ambiental de la minería de carbón en el departamento del César.
- Millán, Fernando. (2003). Estudio Comparativo de la Dureza del Agua en el Estado Mérida y algunas localidades del Centro y Occidente de Venezuela. *Ciencia e Ingeniería*. 24. 39-46.
- Min agricultura, (2016). Principales Cultivos por Área Sembrada. Recuperado de: <http://www.agronet.gov.co/Documents/CESAR2016.pdf>
- Montaña, N. A. (2008). La palma africana en el pacífico colombiano: su ilegalidad, consecuencias y violación de derechos territoriales. *Revista Luna Azul*, (27), 113-126.
- Morales y Soto (2015). Evaluación de la calidad del agua del río Badillo, en el balneario la Vega-Cesar, implementando los índices BMWP e ICO para Colombia.
- Municipio de Chiriguaná, (2000). Política de Saneamiento Hídrico del Plan de Ordenamiento Territorial. Recuperado de: <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/chiriguanacesarpbota2000.pdf>
- Municipio de Chiriguaná, (2000). Política para el Control de la Erosión del Plan de Ordenamiento Territorial. Recuperado de: <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/chiriguanacesarpbota2000.pdf>

- Municipio de Chiriguaná, (2000). Plan básico de ordenamiento territorial del municipio de Chiriguaná, departamento del cesar. Recuperado de: [http://chiriguanacesar.micolombiadigital.gov.co/sites/chiriguanacesar/content/files/000022/1083\\_plandeordenamientoterritorial.pdf](http://chiriguanacesar.micolombiadigital.gov.co/sites/chiriguanacesar/content/files/000022/1083_plandeordenamientoterritorial.pdf)
- Municipio de Chiriguaná, (2000). Política sobre Contaminación del Plan de Ordenamiento Territorial. Recuperado de: <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/chiriguanacesarpbota2000.pdf>
- Núñez, E., & Reyes J. (2017). Determinación de los índices de calidad del agua del río Cesar en el tramo corregimiento Guacochito - corregimiento Los Calabazos en el departamento del Cesar (Tesis de pregrado). Universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña.
- Pérez-López, E. (2015). Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. Tecnología en Marcha. Vol. 29, N.º 3. Pág. 3-14.
- Pérez Royero, J. M., (2010). ESTUDIOS DE VALORIZACIÓN AMBIENTAL E HIDRICA DEL CAÑO SIMILOA POR LA INFLUENCIA DE LA EXPLOTACIÓN DE MINAS DE CARBON A CIELO ABIERTO Y POR LAS ACTIVIDADES AGRICOLA (CULTIVOS DE PALMA), MUNICIPIO DE CHIRIGUANÁ – CESAR. Alcaldía municipal de Chiriguaná.
- Promedios climatológicos, (1981-2010). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, (IDEAM).
- Rodríguez Zamora J. (2009). Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable

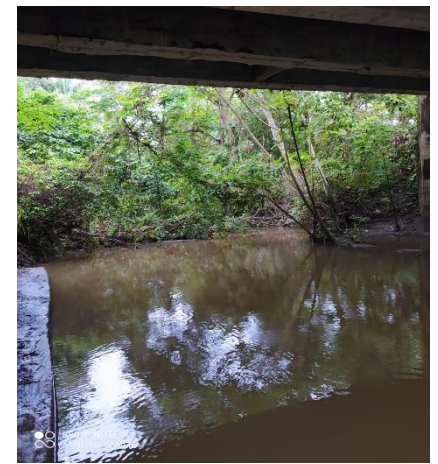
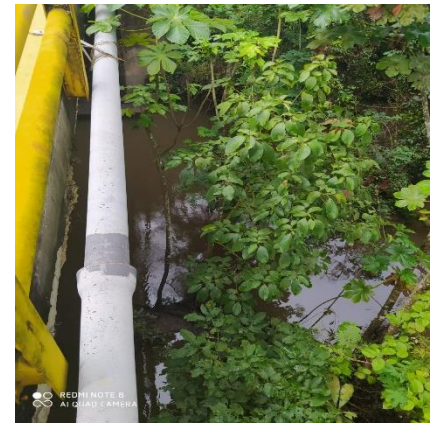
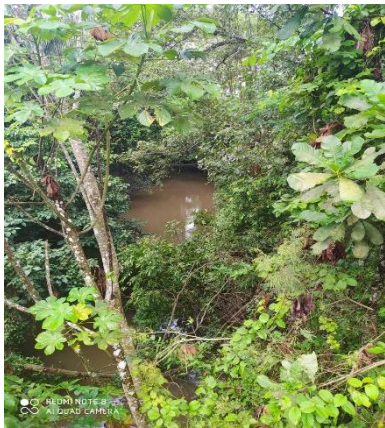
analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela. Pensamiento Actual, Universidad de Costa Rica, Vol. 9, No. 12-13, 2009.

- Roldan, G. (2003). Bioindicador de la calidad del agua en Colombia. En G. Roldan, bioindicador de la calidad del agua en Colombia (pág. 170). Medellín: ciencia y tecnología.
- Rubio Arias H, Ortiz Delgado R, Quintana Martínez R, et al., (2014). Índice de calidad de agua (ica) en la presa la boquilla en chihuahua, México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 1(2):139-150,2014
- Ruiz Suarez y Mendoza Vargas. (2015). URIBE\_URAN\_CARL. Obtenido de [URIBE\\_URAN\\_CARL: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/URIBE\\_URAN\\_CARLs/kolumbien/11067.pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/URIBE_URAN_CARLs/kolumbien/11067.pdf)
- Ruedas, G. (2014). La minería de carbón a gran escala en Colombia: impactos económicos, sociales, laborales, ambientales y territoriales. Revista Análisis. Recuperado de: <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/kolumbien/11067.pdf>.
- Samboni, N., Trujillo, A. R., & Carvajal, Y. (2011). Aplicación de los indicadores de calidad y contaminación del agua en la determinación de la oferta hídrica neta. Ingeniería y Competitividad, 13(2).
- Sánchez Garzón, (2019). Análisis espacio temporal de los parámetros fisicoquímicos de la quebrada las Delicias, cerros orientales de Bogotá. (Tesis de pregrado). Universidad Cooperativa de Colombia.

- Selltitz, C. Jahoda, M. Deutz, M. et al: Métodos de investigación en las relaciones sociales, del Cap. 2: Selección y formulación de un problema de investigación. Ediciones Rialp, S.A., Madrid, 1965.
- Solís-Castro, Y; Zúñiga-Zúñiga, L; Mora-Alvarado, D. La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. Tecnología en Marcha. Vol. 31-1. Enero-Marzo 2018. Pág 35-46.
- Suárez, L. G. (2011). Perspectiva jurídica de los impactos ambientales sobre los recursos hídricos provocados por la minería en Colombia. *Opinión jurídica*, 10(20).
- Valverde Legarda, N. L., Caicedo Quintero, O., & Aguirre Ramírez, N. J. (2009). Análisis de calidad de agua del caño La Ayurá con base en variables fisicoquímicas y macroinvertebrados acuáticos.
- Vargas. (2015) Sistema biofísico de Chiriguaná. Centro de Innovación Pública Digital – CDIM de Escuela Pública de Administración Pública – ESAP, (2010).
- Vázquez *et al.*, (2019). Efectos de la actividad minera sobre los recursos hidrobiológicos. Recuperado de: <http://www.humboldt.org.co/images/documentos/2-diagnostico-actividad-minera-y-explotacin-ilicita-expertos.pdf>

## ANEXOS.

### A1. REGISTRO FOTOGRAFICO











## A2. ENTREGA RESULTADOS DE LABORATORIOS

|                                                                                   |                               |                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------|
|  | <b>REMISIÓN DE RESULTADOS</b> | Versión: 2        |
|                                                                                   |                               | Fecha: 18-01-2019 |
|                                                                                   |                               | Página: 1 de 1    |

Valledupar, 14 de diciembre del 2020

Ingeniero  
**ADRIAN DAVID VILLA ARIZA**  
Ciudad

*Referencia: Resultados de Análisis Físico – Químicos de agua superficial*

Respetados señores.

En formato adjunto encontrara los resultados de las muestras de aguas superficiales recibidas el día 18 de noviembre del presente año.

Atendiendo el decreto 1600 de 1994 emitido por el Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en donde se estipula que todos los laboratorios que produzcan información física, química o biótica para estudios requeridos por las autoridades ambientales e información de carácter oficial, relacionados con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, tengan certificado de acreditación correspondiente otorgado por el IDEAM. La muestra de agua residual fue enviada al laboratorio Zonas Costeras ubicado en la ciudad de Barranquilla – Atlántico

Cualquier información adicional que se requiera con gusto la suministraremos.

Atentamente,



Katty Grisales Hernández  
Coordinadora de Calidad

## INFORME DE ENSAYOS 2020-9060

**Cliente:** Adrián David Villa Ariza  
**Solicitante:** Sr. Adrián David Villa Ariza  
**Dirección:** Calle 6ct # 27 -19 Nueva Esperanza  
**Ciudad:** Valledupar

**Teléfono:** 317 724 0447  
**NIT/C.C.:** 1.065.836.732  
**Correo E:** [adrianinc97@gmail.com](mailto:adrianinc97@gmail.com)

| ID Lab | ID de muestra                    | Tipo de muestra  | Lugar de muestreo      | Fecha de muestreo | Hora de muestreo |
|--------|----------------------------------|------------------|------------------------|-------------------|------------------|
| 4599-1 | CANO SINI LOA - CHIRIGUANA CESAR | AGUA SUPERFICIAL | N: 9°26'32" E 73°28'8" | 2020-11-20        | 10:00 AM         |

\*Información suministrada por el cliente

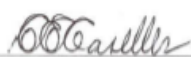
| Plan de muestreo:  | Muestras entregadas por el cliente | Fecha de recepción:                     | 2020-11-27 | Inicio de ensayos: | 2020-11-27 | Finalización de ensayos: | 2020-12-01 |
|--------------------|------------------------------------|-----------------------------------------|------------|--------------------|------------|--------------------------|------------|
| Proc. de muestreo: | No aplica                          | Fecha de reporte de informe de ensayos: | 2020-12-10 |                    |            |                          |            |

|                            |                                                                      |                           |                     |           |           | RESULTADOS |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------|-----------|-----------|------------|
| ENSAYO                     | MÉTODO DE REFERENCIA                                                 | UNIDAD                    | VALOR DE REFERENCIA | LDM       | LCM       | 4599-1     |
| Color                      | ISO 7887 B Edición                                                   | H <sub>z</sub>            | <15                 | 0,02      | No aplica | 5          |
| DBO5                       | SM 5210 B y SM 4500-O'G' Incubación a 5 días y Electrodo de Membrana | mg/L                      | 90,00               | 0,20      | 2,00      | <2,0       |
| DQO                        | SM 5220 D / Reflujo Cerrado - Colorimétrico                          | ml: 02/L                  | No aplica           | No aplica | 5,0       | < 5,0      |
| Hierro Total               | Absorción Atómica y/o I.C.P.                                         | mg Metal/L                | <0,3                | No aplica | 0,05      | 0,08       |
| Nitritos                   | SM 4500-NO <sub>2</sub> -B / Colorimétrico                           | ml: 1. NO <sub>2</sub> /L | No aplica           | No aplica | 0,033     | 0,09       |
| Nitros                     | SM 4500-NO <sub>2</sub> -E / Reducción con Cadmio                    | ml: 1. NO <sub>2</sub> /L | No aplica           | 0,20      | 0,50      | < 0,50     |
| Sulfatos                   | SM 4500-SO <sub>4</sub> -E / Turbidimétrico Modificado               | MgSO <sub>4</sub> /Kg     | No aplica           | No aplica | 10,00     | 12         |
| Fosfatos                   | SM 4500-P E / Acido Ascórbico                                        | Mg PO <sub>4</sub> /L     | No aplica           | No aplica | 0,077     | 0,412      |
| Coliformes totales         | ISO 9308-1: 2014 / Filtración por membrana                           | UFC/ 100 mL               | No aplica           | No aplica | No aplica | 8000       |
| Coliformes termotolerantes | ISO 9308-1: 2014 / Filtración por membrana                           | UFC/ 100 mL               | No aplica           | No aplica | No aplica | 900        |

LDM: Límite de detección del método en la menor cantidad del mensurado que puede ser detectada en la matriz sujeta a ensayo.

LCM: Límite de cuantificación del método, en la menor cantidad a partir de la cual se puede determinar el mensurado con exactitud y precisión aceptadas bajo las condiciones del laboratorio, en la matriz sujeta a ensayo.

Aprobó:

  
Campo Elias Caselles  
Director de Áreas Técnicas

**ZONAS COSTERAS S.A.S.**  
NIT. 900.584.424-1

Página 1 de 1  
Código: FR-EE-044  
Versión 2

Las condiciones ambientales durante el ensayo se encuentran registrados en el laboratorio, disponibles cuando sean requeridos por el cliente. Los resultados reportados son válidos solo para las muestras ensayadas. Prohibido reproducir este informe parcialmente, excepto en su totalidad, bajo la aprobación estricta del laboratorio.