



**Análisis y Evaluación de la calidad del agua en la cuenca del Río Teusacá  
municipio de Sopó**

Katherine Mayerly Caro Riveros

Código: 11231619590

**Universidad Antonio Nariño**

Programa Ingeniería Ambiental

Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil

Bogotá D.C, Colombia

2022

Análisis y Evaluación de la calidad del agua en la cuenca del Río Teusacá municipio  
de Sopó

Katherine Mayerly Caro Rivero

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

**Ingeniera Ambiental**

Director (a):

Ing. Esp. Msc Raul Echeverry Barreto

Semillero de Investigación de Ríos Urbanos

**Universidad Antonio Nariño**

Programa Ingeniería Ambiental

Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil

Bogotá D.C, Colombia

2022

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

El trabajo de grado titulado

\_\_\_\_\_, Cumple

con los requisitos para optar

Al título de \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_

Firma del Tutor

\_\_\_\_\_

Firma Jurado

\_\_\_\_\_

Firma Jurado

Bogotá D.C, \_\_\_\_ junio 2022.

## 1 Agradecimientos

Inicialmente doy gracias a Dios, por bendecirme llenarme de salud y sabiduría, porque no me ha dejado desfallecer, siempre ha sido mi fuerza y quien guía mi vida. Por poner las mejores personas en mi vida.

A mi mama Fanny Riveros “la mujer más fuerte que conozco” la que siempre se ha jugado todo por mí y mis hermanos por nuestro bienestar y mi papa Pedro Caro porque gracias a ellos soy a la persona que me he formado, porque me han guiado por el buen camino forjando mi vida de valores, de buenas enseñanzas y costumbres, porque sin importar que pase siempre están hay siendo mi apoyo incondicional.

A mis hermanos (as) Paola, Lorena, Camilo, Sara y David por ser mis compañeros de vida, un apoyo incondicional siempre, gracias por todos los momentos vividos. Quiero agradecer a mi esposo Fabián por ser mi apoyo contante mi paño de lágrimas, mi amigo y confidente quien me ha acompañado en mis días no tan buenos, el que ha estado siempre hay cuando más lo he necesitado.

Agradezco a mi hija Nicol Samantha por ser la luz de mi vida, el ser más importante para mí, ese motivo para siempre luchar a salir adelante, por darme la fuerza que he necesitado cuando siento desfallecer, la que me demostró que el amor verdadero si existe, que el amor de mamá puede superar todos los obstáculos de la vida.

Agradezco a esa persona especial a la que siempre recordare mi abuelita Lilia que fue mi segunda mama la que me amo, me alcahueteo, cumplió mis caprichos mi apoyo junto con mi abuelito Pedro, a mi padrino Fredy que siempre me ha querido como su hija, ha sido mi apoyo cada vez que lo he necesitado el que me alcahuetea y me consiente, en el que

encuentro un consejo así no lo haya pedido; a mis madrinas Sonia y Mirian porque me han ayudado cuando lo he necesitado, porque en ellas siempre encuentro una palabra de fe y de nunca desfallecer, agradezco a mis tíos, mis primos

A mi segunda familia mis suegros Mirian y Pastor porque han sido parte fundamental en mi vida, han sido como mis papas, mi apoyo sin importar las circunstancias; a mis cuñados Fredy, Sebastián y Camilo por su colaboración.

A mis amigas esas casi hermanas que la vida puso en mi camino Karen Bogotá, Karen Moreno, Brenda Gonzales y Roció Suarez que han sido esas personas incondicionales a lo largo de mi vida, con las que he compartido infinidad de momentos especiales a pesar de la distancia siempre he tenido una palabra de apoyo, un consejo, quien me suba el ánimo cuando más lo he necesitado.

Agradezco a todos mis docentes porque de cada uno de ellos me llevo sus enseñanzas, tus regaños, su sabiduría, sus palabras más destacadas, recuerdos que no se olvidaran; agradezco a todos por sus aportes a mi vida profesional y personal; sin embargo quiero agradecer muy especialmente a el profe David Aperador que aunque ya no está con nosotros dejo una gran huella en mi vida, me enseñó que lo que se hace desde lo más profundo del corazón siempre da buenos resultados, me llevo sus palabras, sus palabras de ánimo cuando lo necesite y muy buenos recuerdos, a mi profesor y asesor de tesis Raúl Echeverry gracias por su ayuda incondicional y acompañamiento en estos años, un excelente ser humano, gracias por sus palabras de ánimo cada vez que quise tirar la toalla, a la profe Vanesa Rodríguez, al profe Marcos Ramos porque también siempre tuve el apoyo y esas palabras sabias que me ayudaron a levantar el ánimo y seguir.

A la universidad Antonio Nariño por permitirme cursar mi carrera de ingeniería ambiental, por ayudarme y brindarme las buenas bases por medio de los docentes e instalaciones aptas que fueron parte fundamental en mi proceso.

No me queda más que dar gracias infinitas a Dios y a la vida por poner en mi camino personas muy especiales como ustedes que a pesar de las circunstancias siempre confiaron en mí, en mi proceso y en mis capacidades incluso cuando yo misma lo dudaba.

**GRACIAS**

## Tabla de contenido

|  |    |
|--|----|
| 1. Resumen .....                                       | 22 |
| 2. Abstract.....                                       | 24 |
| 3. Introducción.....                                   | 26 |
| 4. Planteamiento del problema .....                    | 27 |
| 5. Justificación.....                                  | 28 |
| 6. Objetivos.....                                      | 30 |
| 6.1. Objetivo general .....                            | 30 |
| 6.2. Objetivos específicos.....                        | 30 |
| 8. Marco normativo .....                               | 34 |
| 9. Estado del arte .....                               | 37 |
| 9.1. Programa cuenca del rio Teusacá.....              | 34 |
| 10. Área de estudio: Municipio Sopo Cundinamarca ..... | 41 |
| 10.1. Localización.....                                | 42 |
| 10.2. Climatología .....                               | 43 |
| 10.3. División Político .....                          | 44 |
| 10.4. Uso de suelo urbano y expansión.....             | 44 |
| 11. Análisis y resultados .....                        | 45 |
| 12. Conclusiones .....                                 | 56 |
| 13. Referencias.....                                   | 58 |

## Tabla de ilustraciones

|   |    |
|---|----|
| Figure 1 Posición geográfica de Sopo en el departamento de Cundinamarca ..... | 43 |
| Figure 2 Mapa politico Sopo Cundinamarca .....                                | 44 |
| Figure 3 Metodología.....   | 42 |
| Figure 4 Industrias Sopo Cundinamarca.....                                    | 46 |
| Figure 5 Datos obtenidos por sensores ciudadanos .....                        | 51 |
| Figure 6 Mapa Clasificacion industrias Sopo .....                             | 52 |
| Figure 7 Mapa interactivo punto de monitoreo Sopo .....                       | 53 |

## 1. Resumen

El agua es un compuesto vital para nuestra vida y la de los ecosistemas; con el paso de los años, esta se está viendo afectada debido a las actividades que los seres humanos hemos venido implementando. El uso del recurso agua es indispensable por lo que es vital el estudio de calidad del agua y los rangos permisibles, de acuerdo a la utilidad que se le va a dar.

Esta investigación se realiza de manera puntual en la cuenca baja del Río Teusacá, jurisdicción del municipio de Sopo, para este trabajo se utilizaron técnicas de sistemas de información geográfica y el monitoreo de diferentes parámetros de calidad del agua como lo son: el pH, conductividad eléctrica, temperatura y oxígeno disuelto, esto con el fin de relacionar la calidad del agua del río con las diferentes actividades tanto sociales culturales y económicas del municipio.

Para cumplir este objetivo, se trabajó con la cartografía base del municipio y de la cuenca del Río Teusacá, en colaboración con el acueducto progresar; esto se desarrolló mediante el uso de los sistemas de información geográfica “SIG” y con el apoyo de la participación ciudadana a los que se les denominaron sensores ciudadanos, los cuales han sido actores importantes para la toma de datos su posterior análisis para la toma de decisiones frente a la calidad de agua del río Teusacá.

La información con la que se desarrolló este trabajo, en su mayoría fue recopilada a partir del PBOT y POT del municipio, donde se obtuvo información relevante acerca del uso del suelo; con el fin de analizar y realizar diferentes hipótesis de los datos obtenidos en cada uno de los monitoreos que realizaron los sensores ciudadanos.

De acuerdo al análisis realizado con el PBO y POT es posible concluir que la mayor presencia de industrias en el municipio es en la zona urbana, donde se encuentran diferentes tipos de actividades económicas, destacando las industrias de comercialización de productos lácteos, industrias de prestación de servicios e industrias manufactureras. De acuerdo a el análisis de calidad del agua realizado fue posible evidenciar que la ubicación de los puntos de monitoreo realmente son estratégicos y permiten analizar algunas de las posibles razones atribuidas a los resultados de los parámetros de calidad del agua.

Los puntos de monitoreo con mayor afectación de contaminantes son Hato grande y Aposentos. Cabe resaltar, que la ubicación es un punto de partida importante para desarrollar diferentes análisis e hipótesis de lo que sucede en la región, así mismo; estos puntos se encuentran ubicados en la parte baja de la cuenca recibiendo la contaminación de la cuenca media y alta, presentando altas cargas del contaminantes en comparación de los demás.

## 2. Abstract

Water is a vital compound for our life and that of ecosystems; over the years, this is being affected due to the activities that human beings have been implementing. The use of the water resource is essential, so it is vital to study the quality of the water and the permissible ranges, according to the utility that is going to be given to it.

This research is carried out in a timely manner in the lower basin of the Teusacá River, jurisdiction of the municipality of Sopo, for this work geographic information systems techniques were used and the monitoring of different parameters of water quality such as: pH, conductivity electricity, temperature and dissolved oxygen, this in order to relate the quality of the river water with the different social, cultural and economic activities of the municipality.

To meet this objective, we worked with the base cartography of the municipality and the Teusacá River basin, in collaboration with the progress aqueduct; this was developed through the use of geographic information systems "GIS" and with the support of citizen participation, which were called citizen sensors, which have been important actors for data collection and subsequent analysis for decision-making, decisions regarding the water quality of the Teusacá river.

The information with which this work was developed was mostly compiled from the PBOT and POT of the municipality, where relevant information about land use was obtained; in order to analyze and make different hypotheses of the data obtained in each of the monitoring carried out by the citizen sensors.

According to the analysis carried out with the PBO and POT, it is possible to conclude that the greatest presence of industries in the municipality is in the urban area,

where different types of economic activities are found, highlighting the dairy product marketing industries, services and manufacturing industries. According to the water quality analysis carried out, it was possible to show that the location of the monitoring points are really strategic and allow analyzing some of the possible reasons attributed to the results of the water quality parameters.

The monitoring points most affected by contaminants are Hato Grande and Aposentos. It should be noted that the location is an important starting point to develop different analyzes and hypotheses of what happens in the region, as well; These points are located in the lower part of the basin, receiving contamination from the middle and upper basin, presenting high pollutant loads compared to the others.

### 3. Introducción

Sopo es un municipio colombiano ubicado en el departamento de Cundinamarca a 39km de la ciudad de Bogotá, cuenta con catorce veredas (Alcaldía Sopo, 2021); limita con Guasca, Cajicá, Chía, la Calera y Tocancipa (Alcaldía Sopo, 2021), su economía se sustenta principalmente en la agroindustria, la producción de alimentos, la construcción, industrias de actividad comercial y financieras. (Alcaldía de Sopo, 2021).

De acuerdo al POT del municipio, se manifiesta un especial interés en garantizar la preservación y restauración del recurso hídrico, uno de los objetivos que ese tiene es” la *protección a rondas y zonas de protección ambiental de los Ríos Teusacá y Bogotá*” (POT, 2010). Para esto el municipio dentro de los lineamientos del ordenamiento territorial municipal, ha priorizado el agua como eje fundamental y estructural que permite garantizar un ambiente sano y motor del desarrollo, así mismo reconoce que el tratamiento adecuado del agua es un punto clave, que permitirá garantizar buenas condiciones de vida de sus habitantes y de los diferentes ecosistemas de la región.

El agua se considera como un derecho fundamental, y en la actualidad, hace parte de los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS # 6 “ *Agua limpia y saneamiento básico*”, y en miras de contribuir a la gestión del agua municipal, este proyectó analizo los parámetros de calidad del agua en diferentes puntos de la cuenca del Rio Teusacá, y toma como base la información suministrada por los sensores ciudadanos, donde se determinó el cumplimiento normativo referente a calidad del agua, las causas de contaminación y su relación con los posibles conflictos de uso del suelo en el territorio y riesgos ambientales de la región.

#### 4. Planteamiento del problema

Sopó hace parte de Cundinamarca, y es aledaño a los municipios de Tocancipa, La Calera, Cajicá, Chía y Guasca, cuenta con un área superficial de 111.5 km<sup>2</sup>, donde 4.41 km<sup>2</sup> hacen parte de la zona urbana y 107.09 km<sup>2</sup> corresponden el área rural y cuenta con una población de 16.295 habitantes. (Alcaldía de Sopó, 2021). La cuenca del Río Teusacá, provee de agua al acueducto Progresar E.S.P., sistema destinado exclusivamente para agua de uso doméstico, en las veredas Mercenario, San Gabriel y la Violeta.

Actualmente en la subcuenca del Río Teusacá, se presentan diversas problemáticas asociadas especialmente a las actividades económicas que se realizan en sus alrededores, teniendo en cuenta que en la parte alta de la subcuenca se desarrollan diferentes actividades agropecuarias como lo es el cultivo de papa y otras más, mientras que para la parte baja las actividades más destacadas son: el cultivo de flores y ganadería, a lo que se atribuye el mayor aporte en las altas concentraciones de contaminantes.

La jurisdicción de la cuenca del Río Teusacá, es compartida con otros municipios aledaños, por lo tanto participan en la toma de decisiones junto a otras autoridades ambientales como lo son la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), CORPORINOQUIA, Secretaria Distrital de Ambiente, Corporación Autónoma Regional del Guavio (CORPOGUAVIO), lo que hace más complejo la toma de decisiones y acciones para procesos de protección y preservación de la ronda hídrica, razón por la cual se encuentra tan expuesta a la contaminación.

¿Cuáles son los factores que generan la contaminación de la estructura hídrica de la cuenca del Río Teusacá?

## 5. Justificación

Esta investigación se desarrolla con el fin de conocer los principales factores que están influyendo directa e indirectamente en la contaminación de la cuenca del Río Teusacá, por medio del análisis de la información recopilada a partir de los monitoreos participativos de los sensores ciudadanos ubicados en el municipio. Cada uno de los procedimientos se realizan en -situ con el fin de obtener datos en tiempo real de la calidad del agua del río donde se monitorea el pH, la conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, ya que estos permiten evidenciar los cambios y deterioros que se van generando a lo largo del tiempo en la cuenca del Río Teusacá.

En cuanto a lo anterior se tienen seleccionados algunos puntos estratégicos para la toma de muestras, por medio de dichos datos se realiza una comparación de resultados vs la normatividad, revisando así el cumplimiento de cada uno de los parámetros. **(Cunill, 1991)**. El análisis y la valoración de la información adquirida permiten establecer la calidad del recurso hídrico de la cuenca, teniendo en cuenta que, con esta información se podrán determinar las causas y a su vez tomar decisiones radicales, por medio de las autoridades ambientales para reducir las problemáticas, a causa de la contaminación que se presenta actualmente.

Conforme al Plan De Ordenamiento Territorial, Sopo Cundinamarca reconoce la importancia municipal de la cuenca del río Teusacá, además, tiene como objetivo en el aspecto ambiental la mitigación de impactos por medio de estrategias desarrolladas en conjunto con municipios vecinos como la Calera, Guasca, Tocancipa y Bogotá, donde se trabaja de la mano con la CAR para el mejoramiento y defensa de zonas de protección. (Marco & Normativo, 2000).

Relacionando los objetivos del POT de Sopo, en el componente ambiental se hace necesario resaltar el trabajo de los sensores ciudadanos, en cuanto a la identificación y apoyo a la mitigación de problemáticas que se presentan en el municipio en relación a la cuenca del río Teusacá, teniendo en cuenta que estos fortalecen la investigación y apoyan las labores de mitigación de los impactos en la calidad del agua mediante la toma de datos en diferentes puntos de monitoreo a lo largo de la extensión de la cuenca que pasa por el municipio.

## 6. Objetivos

### 6.1. Objetivo general

- Analizar los parámetros de calidad del agua en la cuenca del río Teusacá a partir de datos obtenidos por los sensores ciudadanos

### 6.2. Objetivos específicos

- Identificar conflictos y riesgos ambientales por medio del uso de herramientas cartográficas y Sistemas Información Geográfica (SIG).
- Formular diferentes hipótesis de las posibles causas que generan el deterioro de la calidad del agua de la cuenca del río Teusacá en el municipio de Sopo Cundinamarca.
- Analizar los parámetros de calidad de agua en la subcuenca del río Teusacá a partir de los datos recopilados por parte de los sensores ciudadanos.
- Contrastar los valores recopilados de las muestras de agua con la normatividad para determinar si los rangos obtenidos son los permisibles por la norma para esta fuente hídrica y analizar posibles causas de estos resultados.

## 7. Marco teórico

Este marco teórico se realiza enfocado en dos ejes de suma importancia para la investigación y análisis de esta investigación: i) calidad de recursos hídricos, cuencas hidrográficas y ii) ciencia ciudadana.

Colombia está ubicado mundialmente entre los países con mayor cantidad de recursos hídricos, por lo que el ministerio de ambiente creo una serie de políticas ambientales que tienen como objetivo desde el año 2010 orientar el desarrollo de protección a ecosistemas hídricos que garantice un balance entre los aspectos económicos y sociales que permitan conservar y preservar el recurso (**Minambiente, 2002**).

Entre las acciones más relevantes impuestas por el ministerio de ambiente es la formulación de planes para dar garantía de disponibilidad, calidad y cantidad de recurso hídrico, se crearon lineamientos para el de manejo de cuencas hidrográficas donde de acordó el Decreto 1076 de 2015, que define que una cuenca hidrológica es el área de agua superficial o subterránea que desemboca en una red hidrológica natural con uno o más causas, donde el flujo puede ser continuo o irregular, que convergen en una dirección el cual puede descargarse al río principal, embalse natural, pantano o directamente al mar. (**Minambiente, 2002**).

Así mismo, se estableció que El Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuencas, por sus siglas POMCA, es el medio por el que se planifica y se coordina los recursos y el manejo de cuencas en Colombia; teniendo como objetivo mantener un equilibrio entre los usos económicos y sociales de estos recursos y así preservar la estructura físico-biológica de las cuencas en especial del recurso hídrico (**Minambiente, 2002**) y donde la calidad del agua refiere al alcance de los parámetros óptimos (físicos, químicos y biológicos) del agua en función del uso para el que se requiera. (USGS, 2001). De ahí la importancia de la

determinación de parámetros de análisis clave como: Ph, medida que analiza la cantidad de iones hidrogeno y permite definir los estados de acidez que puedan afectar el ecosistema (IDEAM 2013), conductividad eléctrica, definida como la manera de analizar la cuantía de solidos disueltos en una muestra de agua y oxígeno disuelto “OD”, parámetro por el que es posible determinar la vida biótica o abiótica presente en un ecosistema.

Actualmente los sensores ciudadanos son de gran utilidad para la obtención de datos de tipo geográfico, proporcionados principalmente en las redes por las personas voluntarias que realizan estos procesos, y paralelamente, permitiendo que otros ciudadanos accedan a información de cualquier tipo en tiempo real. En cuanto a lo anterior, los programas geográficos y otras plataformas virtuales como Google Earth son los encargados de realizar la capacitación a las personas, permitiendo de esta forma que los usuarios puedan diseñar y desarrollar archivos de información geográfica de su propia autoría con los datos recolectados. **(Goodchild, 2007).**

Por otro lado, este documento se basa en la participación y colaboración de la ciencia ciudadana o también llamados sensores ciudadanos los cuales de acuerdo con la constitución política de Colombia 1991, se definen como la participación decidida y operante de los ciudadanos en gestiones públicas, para la toma de decisiones efectivas y comunales. En el artículo 270 que se reconoce como derecho la participación en aspectos políticos, planes, programas y demás.

La participación ciudadana es una herramienta de adquisición y recopilación de datos de datos, la cual ha venido generando una transformación en diferentes tipos de investigaciones, generando conocimiento colectivo en entorno político, social, económico y ambiental. Esta herramienta puede ser utilizada tanto a nivel educativo como para cualquier tipo de investigación con enfoque a la conservación ambiental.

La ciencia ciudadana se creó hace más de un siglo donde se han encontrado arqueólogos, astrónomos, historiadores, los cuales han sido voluntarios para diferentes proyectos de investigación. En la actualidad los recursos tecnológicos han sido de gran importancia para el desarrollo de la ciencia ciudadana más cuando se trabaja a distancia.

**(Biodiversidad Mexicana 2022)**

Por otro lado, encontramos los sistemas de Información Geográfica (SIG) lo cuales posee la capacidad de relacionar cualquier tipo de datos por medio de la ubicación geográfica. De ahí que, el sistema expone la distribución de edificaciones, poblaciones, recursos, departamentos, regiones, e incluso todo el país mediante un mapa. Esta es una combinación de hardware, software y datos geográficos combinados donde se obtiene como resultado una representación gráfica, cuyo único objetivo es capturar, guardar, analizar y presentar información de la manera más coherente y ordenada posible. Son utilizados en investigaciones científicas, en arqueología, estudios ambientales, cartografía, sociología, historia, marketing y logística, entre otros campos. **(Abbot, 1998).**

## Programa cuenca del rio Teusacá

Este programa es creado en el año 2015 y liderado por del acueducto Progresar E.S.P, el cual se centra en un proyecto socio ambiental que tiene como objetivo incrementar el entendimiento regional acerca de la importancia del agua en buenas condiciones (potable) y la conservación de la biodiversidad en la zona de estudio, con base al fortalecimiento de la administración del recurso y apoyado en tres ejes temáticos: investigación científica, ciencia ciudadana y gestión interinstitucional. (Progresar, E.S.P). El programa se ha destacado por su buena labor al medio ambiente por lo que fue merecedor en el 2018 y 2019 a premios ambientales en reconocimiento de la protección, monitoreo y buenas prácticas en la gestión de agua. **(Progresar, E.S.P).**

Este programa se enfocó a la generación de conocimiento local gracias a la cooperación voluntaria de los residentes de la zona de estudio. Hoy por hoy el programa cuenta con dos redes ciudadanas de control de parámetros, le integran más de 90 vigías con género, edad, formación y condición socioeconómica variable, siendo estos los protagonistas de las mediciones periódicas y los registros de calidad del agua y biodiversidad en 21 puntos situados en un perímetro de 69 km **(Progresar, E.S.P).**

El programa se enfoca en lograr la participación activa de los diferentes actores interesados de la cuenca teniendo en cuenta los sectores gubernamentales, no gubernamentales, empresas privadas, academia y toda la sociedad civil en pro de la consolidación de la gobernanza y la sostenibilidad del rio en estudio. **(Progresar, E.S.P)**

El proceso de monitoreo se realiza de manera participativa y voluntaria por medio de los sensores Ciudadanos, este se desarrolla en los 21 puntos de control y registro ubicados a lo largo del rio Teusacá, de los cuales el municipio de Sopo se encuentran cinco de ellos

(punto San Gabriel, La Violeta, La libélula, Puente Sopo, Hato Grande). Dichos monitoreo son realizados los domingos cada quince días en horas de la mañana, donde se toma datos de tres parámetros fisicoquímicos a monitorear son: Ph, oxígeno disuelto (OD) y conductividad eléctrica (CE).

Inicialmente se realiza una breve descripción del clima, el estado del agua del río a simple vista y la biodiversidad (vegetal y animal) que se encuentre en la zona. Posteriormente se realiza una comparación del antes y ahora de la zona, teniendo en cuenta el clima del día anterior al monitoreo. Se realiza el respectivo registro en la planilla, donde se toma nota de fecha, hora, punto de monitoreo, nombre del vigía y se realizan sus respectivas observaciones.

## 8. Marco normativo

Por medio de este, se presenta los principales instrumentos legales que abarcan esta investigación, junto con lo que le compete legalmente al municipio de Sopo.

La constitución política de Colombia es el principal instrumento legal donde se establece La ley 9 de 1989, en donde se dictan las medidas de orden sanitario para el cuidado y el amparo del medio ambiente; Ley 99 de 1993 donde se crea el Ministerio del Medio Ambiente y donde se define el ordenamiento territorial como una función dada al estado que permita la regulación y correcta planificación del uso del territorio y sus recursos; decreto 1575 de 2017 por la cual se mide la protección y el control para el recurso agua; Resolución 2115 de 2007 por la cual se adoptan instrumentos para controlar y vigilar la calidad del agua para consumo humano; Resolución 0811 de 2008 donde se establecen los parámetros para definir los sitios de monitoreo de calidad del agua.

Ley 388 de 1997 donde se realiza la toma de decisiones de planes de ordenamiento, de territorio a nivel nacional, municipal departamental y metropolitano y donde se determina donde se deben de implementar. Encontramos el Decreto 1729 de 2002 que determina los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas – POMCA en Colombia.

### **Plan Básico Ordenamiento Territorial Sopo Cundinamarca**

El PBOT de Sopo Cundinamarca es el medio por el que se establecen objetivos, estrategias y acciones en base a la transformación del espacio a corto, media y largo plazo con el fin de lograr un equilibrio entre lo económico, social y ambiental.(Marco & Normativo, 2000)

Entre algunos de los objetivos que plantean por medio del POT, es la conservación y protección del recurso hídrico del municipio por medio de la regulación de las posibles actividades que se realizan en el municipio. El municipio manifiesta que el recurso hídrico es el principal conector ecológico y estructura base para el plan de ordenamiento municipal **(POT, 2010)**.

Se propone un ajuste a el uso del suelo rural para que mediante este se permita el aprovechamiento de las ventajas geomorfológicas que posee el territorio, de esta manera hacer una disposición de manera adecuada al recurso hídrico **(POT, 2010)**.

## **9. Estado del arte**

El estado del arte expone trabajos desarrollados a nivel nacional e internacional, los mismos que se describen a continuación.

De acuerdo con la universidad de los Andes, para el año 2006 se desarrolló un programa de monitoreo de calidad de agua en tres diferentes lugares de Colombia, donde se analizaron parámetros como oxígeno disuelto, conductividad, temperatura y pH, y paralelamente, la detección de metales pesados como: mercurio, cadmio, arsénico, etc., a partir de sondas de agua. La construcción del proyecto se inició con el diseño conjunto de sondas entre los investigadores y las comunidades regionales usuarias de los recursos hídricos, donde aplicaron herramientas tecnológicas y sociales, con el propósito de incrementar la atención de la comunidad que mejorara el diálogo con las industrias y actores gubernamentales, además, mejorar en la incidencia positiva respecto a políticas públicas sobre la gestión de los recursos naturales. (Perevochtchikova & Sandoval-romero, 2018).

En ciudad de México se llevó a cabo una investigación donde se presenta la implementación de una nueva estrategia de seguimiento comunal y participativo respecto a calidad del agua ubicado en un poblado del antiguo Distrito federal, este proyecto nace debido a la preocupación de los altos niveles de contaminación por la alta concentración de bacterias fecales las cuales sobrepasan las normas mexicanas; para esto se desarrolló una serie de investigaciones entre ellas la búsqueda de apoyo de la organización Global Wáter Watch donde se realizaron capacitaciones a voluntarios, que se haría cargo de la toma de diferentes parámetros de monitoreo de calidad de agua, en este ejercicio se manejan técnicas sencillas de observación de recursos hídricos en tres manantiales bajo la cooperación de la comunidad en cuanto al desarrollo y gobernanza del conocimiento, donde han sido tenidos en cuenta para la toma de datos. Como resultado de estos monitoreos se llegó a la conclusión que los coliformes encontrados en las fuentes hídricas son de origen animal.

**(Perevochtchikova & Sandoval-romero, 2018)**

Según (Modelo & Clim, 2016) en la subcuenca del Río Shullcas se desarrolló un programa donde su objetivo era determinar el efecto de las actividades humanas en el cuerpo de agua, este ejercicio se realizó en el tramo alto, medio y bajo del río. Para esto se calcularon las características físicas, químicas y microbiológicas de las muestras del agua para poder determinar el estado del sistema hídrico. Los resultados refieren que los valores obtenidos de pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y turbidez están dentro de los valores permisibles para agua potable. En cuanto a los factores físico-químicos: demanda bioquímica y química de oxígeno, los sólidos totales disueltos, suspendidos y totales, se identificó que en los escenarios muestreados de esta zona se ejecutan labores de ganadería y por tanto dichos animales afectan la conservación del suelo, al ocasionar erosión y movimiento de los sólidos tras el movimiento del agua. Por último, la información microbiológica sugiere que en este sitio no hay presencia de contaminación microbiológica debido a intervención de origen pecuario. **(Loayza, J. & Cano, P., 2015).**

Otro estudio realizado donde se calculó el ICA de cada una de los cuerpos hídricos de la cuenca del río AMAJAC, donde su enfoque era la identificación del nivel de contaminación presentado y así mismo la propuesta de soluciones pertinentes a las problemáticas encontradas. Para este estudio se tomaron tres muestras y se determinó: pH, nitratos, fosforo total, solidos totales disueltos, turbidez, oxígeno disuelto, coliformes fecales y DBO.(Jesús et al., 2006) Para el análisis de los ítems medidos y su asociación respecto a calidad del agua se utilizaron dos modelos matemáticos de la forma cuadrática y cubica, los cuales permitirán conocer el comportamiento de los parámetros con el tiempo. En cuanto a lo anterior, se observó que para todos los muestreos realizados en el 29% de los cuerpos hídricos estudiados el ICA se clasificó como media, analizando que para uso público requiere de algún tipo de tratamiento, puede llegar a afectar las especies que se encuentren en este

hábitat y no necesita que se le practique algún tratamiento para uso industrial o agrícola. **(Álvarez, Rubiños, Gavi, Ramírez, Mejía, 2006).**

El 59% de los otros cuerpos de agua se encuentran dentro del rango contaminado conforme al ICA, exponiendo que si se realizara algún tipo de tratamiento solo serviría para uso industrial o agrícola. Finalmente, el 12% de los cuerpos hídricos están totalmente contaminados debido a que su valor es menor a 30, lo que quiere decir que el agua no es aceptable para ningún tipo de uso. **(Álvarez, Rubiños, Gavi, Ramírez, Mejía, 2006)**

Por otro lado, se desarrolló un estudio en la microcuenca del Río Burga, Santiago del Ecuador, se realizó ya que esta zona se encuentra delicada geofísicamente por el desarrollo de actividades de ganadería y agricultura. El objetivo de esta investigación es delimitar herramientas de carácter metodológico, las cuales permitan conocer de manera clara como es la correcta ejecución de las normas estipuladas en cuanto a la calidad del agua. Por otro lado, se espera cumplir con la divulgación de la importancia de los parámetros para realizar control y vigilancia, lo que a su vez contribuirá proporcionando información veraz de la calidad del agua. Los métodos utilizados en esta investigación se complementan en el estudio de un análisis territorial, donde se evidencien todas las actividades agropecuarias que se realicen en la zona, examinando de manera clara y precisa la afectación que se está presentando en el área y, por último, un examen estadístico de los puntos de monitoreo que contribuyan a identificar la calidad del agua. **(Vaca, 2019).**

Para los resultados de este estudio se tomaron en cuenta diez parámetros de carácter físico-químicos y microbiológicos, donde se obtuvo como resultado según el ICA que la cuenca se encuentra en estado medio, puesto que los ítems están por encima del rango aceptado para agua potable y riego de cultivos. En la parte alta de la cuenca, la calidad del

agua se encuentra en estado regular y con gran cantidad de vegetación en sus alrededores, la cual es utilizada principalmente en las actividades de pastoreo. Para el tramo medio de la cuenca, el estado del agua está en mal estado y se encuentra situada muy cerca de áreas cubiertas por cultivos, y finalmente, en el tramo bajo también es de mala calidad encontrándose ubicada principalmente en reforestaciones y cultivos. **(Vaca, 2019).**

Otro estudio realizado es en la cuenca de Rio Frio - páramo de guerrero, y su objetivo era identificar como los cultivos de papa inciden en la calidad del agua y por ende genera impactos ambientales, dejando como resultado la alteración y degradación de este importante ecosistema, el cual está siendo utilizado para llevar a cabo labores de ganadería y producción agrícola, perjudicando las características naturales de un ecosistema estratégico. **(Gómez & Ramírez, 2014).**

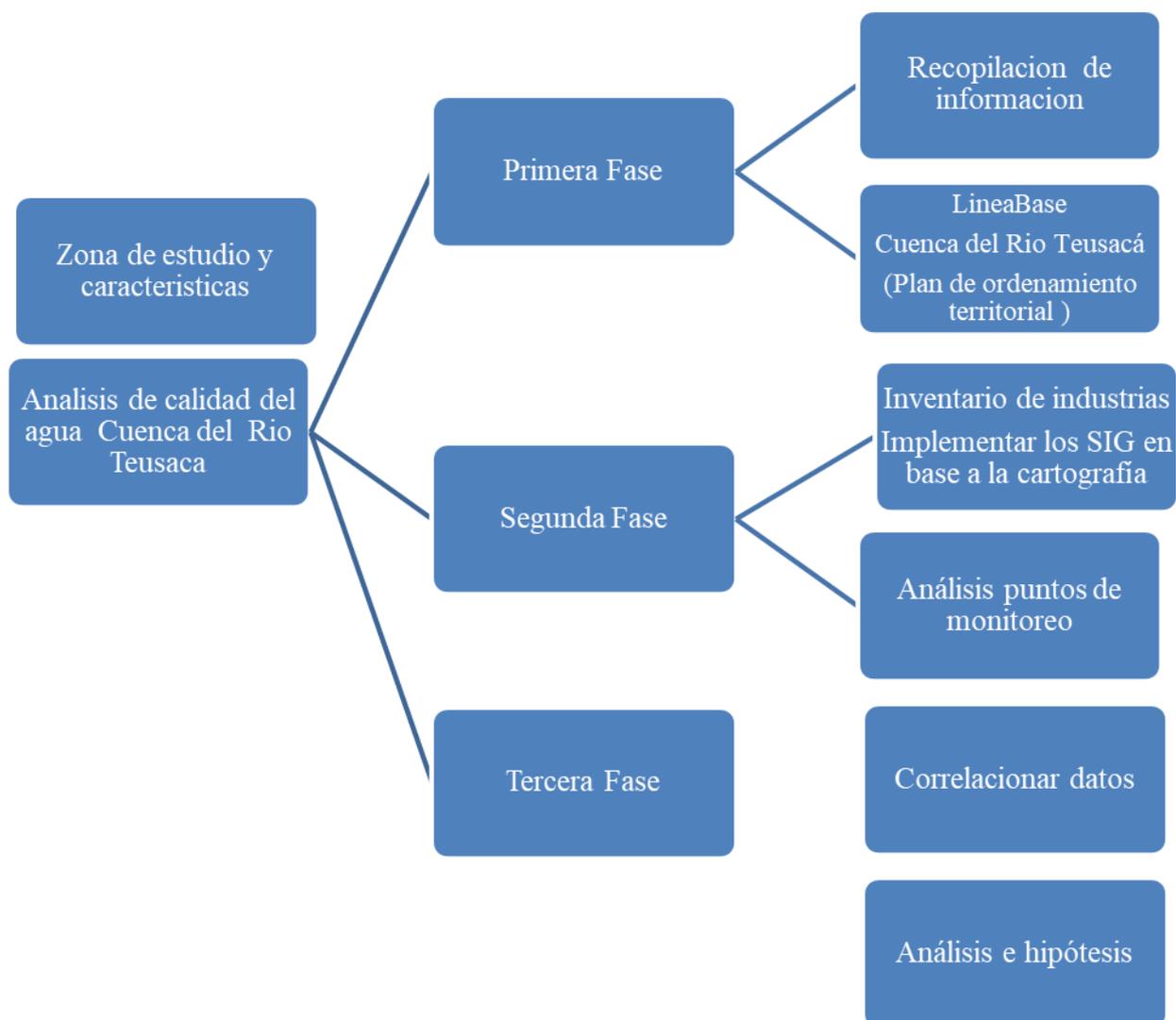
Dentro de la metodología utilizada se realizó la identificación de los impactos por medio de su análisis y su impacto en la producción del cultivo de papa, clasificándolas por secuencia de grado de riesgo y, por último, se realizaron varios muestreos, los cuales permitieron conocer su estado por medio del ICA **(Gómez & Ramírez, 2014).**

Así mismo, se identificó que dicha práctica agrícola altera la flora, fauna, suelo y agua debido a las labores de separación, acondicionamiento, organización del terreno y aplicación de fertilizantes e insumos de origen químico utilizados dentro del proceso de siembra y mantenimiento del cultivo, con esto el ecosistema cambia de manera estratégica para convertirse en una zona de producción agrícola. Sin embargo, el recurso ambiental que más se ve afectado es el suelo ya que es degradado en cuanto a su composición y textura, por todas las fases de proceso realizadas las cuales a su vez siguen trascendiendo y afectando de manera rápida. **(Gómez & Ramírez, 2014)**

## 10. Metodología

El procedimiento implementado para el desarrollo e identificación de las zonas de monitoreo de la subcuenca del Río Teusacá, se enfoca en tres fases temporales, las mismas se ilustran en la figura

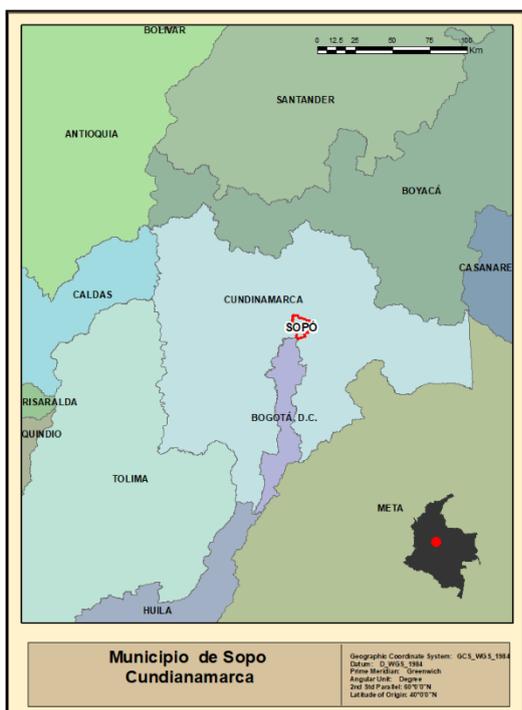
*Figura 1 Metodología*



### 10.1. Área de estudio

Sopo - Cundinamarca, se encuentra situado a 39 km de Bogotá D.C., posee un área superficial total de  $111.5 \text{ Km}^2$ ,  $1,06 \text{ Km}^2$  urbanos y  $110,44 \text{ Km}^2$  rurales, temperatura media de  $14 \text{ }^\circ\text{C}$ , altitud de 2.650 msnm y colinda con los municipios de Tocancipa, La Calera, Guasca, Cajicá y Chía (Alcaldía de Sopó, 2021), la figura 7 presenta parte de esa información.

*Figura 2 Posición geográfica de Sopo en el departamento de Cundinamarca*



Fuente Propia

## 10.2. Climatología

El clima de Sopo registra temperaturas ente los  $6 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $16 \text{ }^\circ\text{C}$ , por lo que de acuerdo a su topografía, ubicación y análisis realizado a lo largo de los años es característico de poseer variación de clima entre frio y templado. La precipitación en Sopó son significativas, incluso durante el mes más seco. (Subcuenca 2018.).

### 10.3. División Político

La figura 8 ilustra la división política de Sopo – Cundinamarca, así pues, se identifica la presencia de 14 veredas en un área total aproximada de 111.5 Km<sup>2</sup>(Municipio De Sopo Cundinamarca 2000).

Figura 3 Mapa político Sopo Cundinamarca



Fuente: (Municipio de Sopo Cundinamarca, 2000).

### 10.4. Uso de suelo urbano y expansión.

El municipio de Sopo Cundinamarca actualmente cuenta con un área dentro del perímetro de centro urbano de 106.2 hectáreas (POT SOPO 2000). El suelo que de acuerdo al POT es catalogado como (suelo urbano o de expansión urbana) contempla 5 áreas según su

actividad, en la cual establece el destino y función para cada una de estas zonas. (POT Sopo Cundinamarca 2000).

Comercial, industrial, equipamientos colectivos y múltiples, son estas precisamente mediante las cuales se establecen los propósitos de los diferentes polígonos de acuerdo a los usos del suelo propuestos en la planificación municipal.

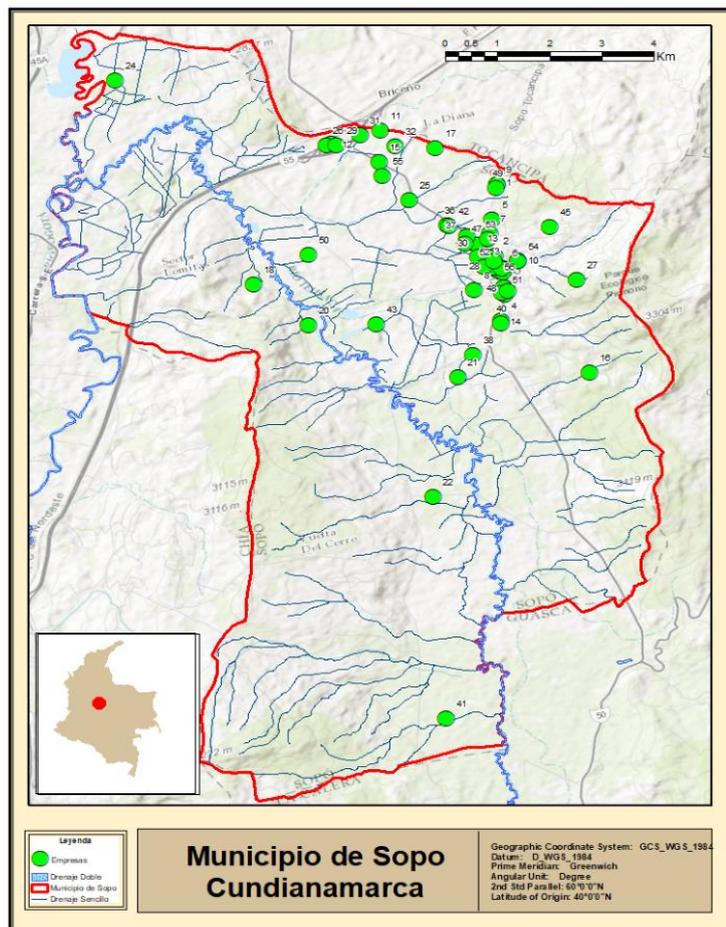
## **11. Análisis y resultados**

Esta investigación se realiza partir de los datos obtenidos por medio de la recopilación de datos a lo largo de un año que está comprendido entre octubre del año 2019 y octubre de 2020.; para la obtención de estos datos, los monitoreos se realizaron un domingo cada quince días, en cada uno de los puntos asignados cada vigía realiza la recopilación de la información y se evalúa de acuerdo a la clasificación del ICA, de esta forma se verifican de acuerdo a los rangos si es o no permisible por la norma.

Para realizar el análisis a las posibles causas de calidad de agua se construyó un mapa que permitiera ubicar algunas de las industrias más representativas del municipio con su respectiva clasificación de acuerdo a la actividad económica, este análisis se complementó con un mapa interactivo de puntos de monitoreo encontrado en la página del Acueducto Progresar y de esta manera lograr una identificación de conflictos con una mayor propiedad enlazando la ubicación de cada una de las industrias con los puntos de monitoreo y corrientes de aguas en las que puedan desembocar estos.

Continuando así se realizó un análisis de acuerdo a la evaluación del ICA con cada uno de los parámetros de calidad de agua “pH, conductividad, oxígeno disuelto” y así poder deducir y analizar las posibles causas de los resultados obtenidos.

Figure 4 Industrias Sopo Cundinamarca



Fuente: INFORMA COLOMBIA S.A., (2020)

La figura 11 presenta las diferentes industrias del municipio. De acuerdo al análisis realizado, se identificó que las industrias de mayor presencia y que pueden influir en los resultados obtenidos de la calidad del agua en los puntos muestreados del municipio son: industrias manufactureras, construcción, industrias de alimentos derivados de lácteos, industrias de

servicios en apoyo y administración, transporte, educación, comerciales, servicio técnico automotriz y de motos, almacenamiento de diversos materiales, actividades agrícolas, ganaderas, silvícolas, de caza y pesca.

### **Industrias Manufactureras**

INFORMA COLOMBIA S.A., (2020) que de acuerdo al inventario de industrias del municipio de Sopo, este está formado por 88 empresas de las cuales se encuentra gran variedad de actividades económicas entre las que destacan:

La Instalación, mantenimiento y reparación de maquinaria de las cuales se encuentran 26 empresas; donde la afectación que este puede llegar a generar a la cuenca Del Rio Teusacá se de manera directa e indirecta y asociada a la generación y manejo de residuos peligrosos como lo son grasas y aceites usados, lubricantes, agentes de limpieza; los cuales impiden el paso del oxígeno al agua y por tanto dificultan la salida de CO<sub>2</sub> hacia la atmosfera, lo que puede llegar a generar acidificación en el agua y causar bajos niveles de oxígeno disuelto (Rojas, Carlos Andrés Babativa, 2018) .

Por otro lado se destaca la elaboración de productos alimenticios: Lo componen 13 empresas de las cuales 3 de ellas hacen parte de productos derivados de los lácteos, siendo esta una de las actividades de mayor impacto en la economía municipal; las afectaciones que este tipo de industrias puede generar a las fuentes hídricas están relacionada a los procesos de actividades indispensables como lo es el lavado y desinfección de materia prima, donde por lo general presentan una alta demanda de DBO y DQO lo que indica que entre más alto sea este mayor grado de contaminación posee dicha agua, también es muy común encontrar altas concentraciones en solidos suspendidos, grasas y aceites y como consecuencia de dichas acciones se (Cárdena Bocanegra, 2019)

## **Ganadería**

De acuerdo al PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL 2020-2023 la ganadería y producción lechera es una de las actividades que más predominan en la economía del municipio de Sopo. Para el año 2013 existían 490 granjas donde la población bovina equivalía a 6.608 del cual el 87% es utilizado para producción lechera (Felipe, 2017). Tan solo 7 granjas están dedicadas a la producción de carne. (Felipe, 2017)

De acuerdo a censos realizados por el ICA “instituto colombiano agropecuario “en el presente año 2022 se evidencio que existen 427 fincas dedicadas a la ganadería con un total de 15.631 cabezas de bovinos en el municipio. (ICA,2022)

De acuerdo a la FAO, la ganadería es una de las actividades que mayor impacto general al agua, iniciando desde los cultivos de pasto donde se requiere gran cantidad de agua y se genera impactos debido a los químicos usados con este mismo fin los cuales se infiltran en el suelo y terminan finalmente en las fuentes hídricas causando grandes daños a dichos ecosistema

Otros de los problemas que dicha actividad genera son altos niveles de DBO, coliformes, nitrógeno a causa de la cantidad de estiércol localizado en el suelo, residuos de vacunas, químicos hormonales, antibióticos etc., donde por medio de escorrentía y filtración llega a la fuente hídrica; en este caso a la cuenca del Rio Teusacá.

## **Comercio, reparación de vehículos y motocicletas**

Esta actividad económica es una de las más diseminadas en el municipio; algunos de los residuos que estas empresas generan, se asocian a tornillos, repuestos dañados, bombillas,

empaques; generando afectaciones a los cuerpos hídricos con productos como: aceite quemado, gasolina, liquido de baterías, líquidos de frenos, pinturas, lubricantes usados los cuales llegan a las fuentes hídricas por su inadecuado manejo junto a los residuos peligrosos. (**Revista Auto Crash, 61. 2021**).

### **Agricultura, caza, silvicultura y pesca**

Estas actividades corresponden a un 8% de la economía del municipio por lo que concluye a que no son actividades de mucho flujo. (*Plan De Desarrollo Municipal, 2020 - 2023 I, 2023*). La Agricultura tiene gran responsabilidad en el vertimiento de agroquímicos, sales, hasta materia orgánica (FAO, 2018.). Estos contaminantes generar alteraciones en Ph y la temperatura, en cuanto a las sales en el agua aumentan la conductividad eléctrica, parámetro que también está sujeto a la temperatura de la zona; a partir de ello es importante resaltar que cada uno de estos residuos generados por dicha actividad causa alteraciones importantes en la calidad del agua y el ecosistema en general.

### **Alojamiento y servicios de comida**

Los residuos generados por alojamientos están relacionados con el consumo de agua y la producción de aguas residuales resultantes, de baños, cocina, mantenimiento general, zonas de lavado etc. (Hoteles & Hoteles, 2019). En la cocina y restaurantes se generan residuos a partir del lavado y desinfección ya sea de alimentos o instrumentos de cocina, agua con sólidos atribuidos al resto de comida, grasas aceites entre otros. La cuales pueden llegar a generar una disminución de oxígeno en el agua (**Secretaria de ambiente Bogota,2019**.)

Por otro lado, los residuos generados a partir de baños mantenimiento general y zonas de lavado están ligados a el uso de jabones, agentes químicos, materia orgánica. En el caso de los detergentes esos alteran el comportamiento químico del agua acelerando en especial a el

oxígeno disuelto en el agua, lo cual dificulta la vida en dicho ecosistema. **(Hoteles & Hoteles, 2019)**

### **Sector de la construcción**

Este sector corresponde al 8% de las actividades económicas dentro del municipio (*Plan De Desarrollo Municipal, 2020 - 2023 I, 2023*). Dentro de este sector los residuos que se generan suelen estar relacionados con escombros, varillas, hierro, entre otros; sin embargo, no son los únicos que se generan. Algunos otros generan afectaciones al recurso hídrico y estos se ven relacionados con el lavado en las obras donde se genera residuos de aguas con sólidos suspendidos algunos que en algunos de los casos son de alta densidad, con agentes químicos utilizados para la limpieza.

Posteriormente de acuerdo con los datos obtenidos por los sensores ciudadanos, se realizó una comparación y análisis de las posibles causas de alteración a los ítems de muestreo para cada punto de monitoreo. Para ello se realizó una lista de algunas de las industrias ubicadas en el municipio, y posteriormente se identificaron los impactos y consecuencias generadas por cada actividad económica. Los parámetros empleados son temperatura, la conductividad eléctrica, pH, oxígeno disuelto, donde se manejan rangos de calidad obtenidos a partir de un promedio de datos obtenidos a lo largo un año; donde se hace una calificación por medio de colores de la siguiente manera; buena “color azul” aceptable “color verde “, regular “color amarillo” y muy mala “color rojo”, la información se presenta en la siguiente matriz:

Figure 5 Datos obtenidos por sensores ciudadanos

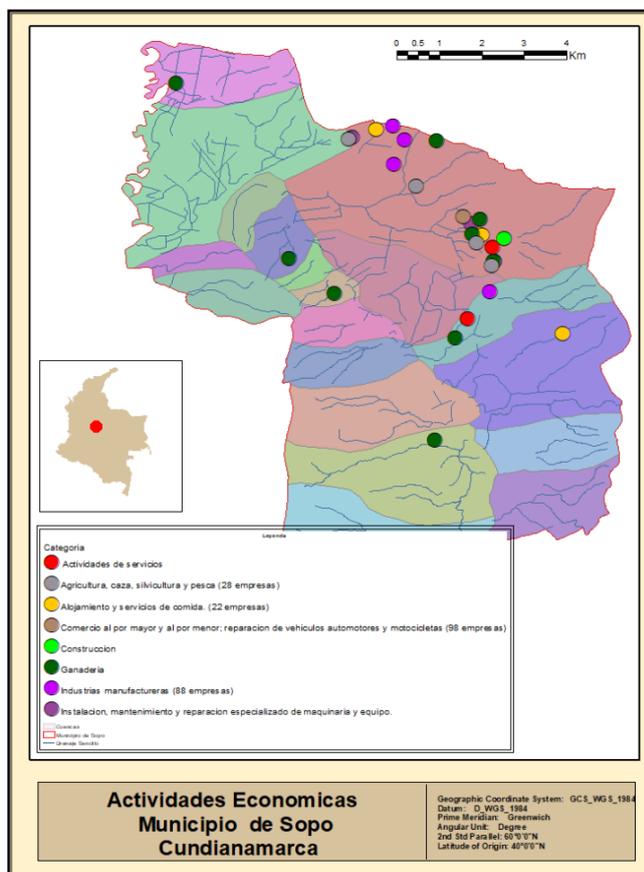
| Nombre del punto | Valor Temp | Calificación de la calidad CE | Señal de Alerta | Calificación de la Calidad Ph | Señal de Alerta | Calificación de la Calidad OD | Señal de Alerta |
|------------------|------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|
| San Gabriel      | 18.4671667 | Aceptable                     | Verde           | Buena                         | Azul            | Aceptable                     | Verde           |
| La Violeta       | 18.9       | Regular                       | Amarillo        | Buena                         | Azul            | Aceptable                     | Verde           |
| Puente Adobes    | 16.604     | Aceptable                     | Verde           | Buena                         | Azul            | Aceptable                     | Verde           |
| La Libélula      | 17.1313333 | Aceptable                     | Verde           | Aceptable                     | Verde           | Regular                       | Amarillo        |
| Puente Sopo      | 15.98      | Muy Mala                      | Rojo            | Buena                         | Azul            | Regular                       | Amarillo        |
| Hato Grande      | 19.0571429 | Muy Mala                      | Rojo            | Buena                         | Azul            | Regular                       | Amarillo        |

Fuente; Acueducto progresá E.S.P (2019-2020)

En base a los resultados obtenidos a partir de la Figura 5 se evidencia que en cuanto a la conductividad eléctrica en los puntos de monitoreo de Puente Sopo y Hato grande poseen una calificación de calidad del agua “muy mala”, lo cual genera gran preocupación, esto puede ser atribuido a que en medio de estos dos puntos; se acentúa actividad ganadera la cual puede estar relacionada con la cantidad de sales que llegan por escorrentía a dichos puntos de monitoreo donde de acuerdo a la FAO (2019) es uno de los residuos generados por esta actividad. Considerando la correlación directa entre la cantidad de sales y la conductividad, esta depende también de la temperatura sin embargo no hay mucha relación con este parámetro debido a que en el punto de monitoreo Hato Grande posee una temperatura de 19.05°C mientras que en Aposentos la temperatura es de 15.9°C, por lo que es posible evidencia que a pesar de que existe una diferencia de temperatura los dos puntos tienen una calidad de agua muy mala.

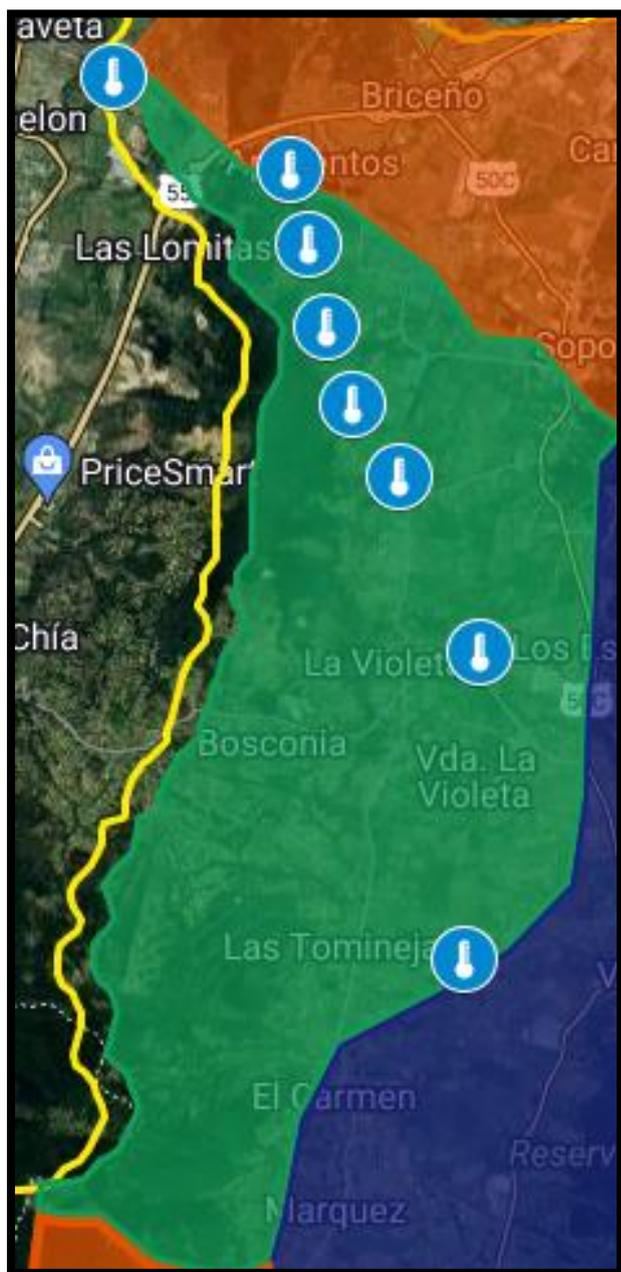
Una de las razones por las que el punto de monitoreo Puente Sopo y Hato grande tiene un índice de calidad muy malo puede ser debido a su ubicación ya que está situado en la parte baja de la cuenca; donde por la dirección de flujo lleva una acumulación mayor de contaminantes que han sido arrasados por fenómeno de escorrentía desde diferentes partes de la cuenca, generando que las concentraciones de contaminantes sean mayores.

Figure 6 Mapa Clasificación industrias Sopo



Fuente: INFORMA COLOMBIA S.A., (2020)

Figure 7 Mapa interactivo punto de monitoreo Sopo



**Nota.** Tomado de Acueducto Progresar E.S.

En el punto de monitoreo La Violeta, teniendo en cuenta la Figura 5 se evidencia que de acuerdo al ICA este punto de monitoreo es calificado como calidad regular; analizando el punto de monitoreo con la figura 6 y figura 7 es posible deducir la posibilidad de que esto sea debido a la actividad ganadera que se encuentra a los alrededores de la ronda hídrica, la cual genera afectaciones y alteraciones a los ecosistemas, una de estas razones, es el alto

contenido de coliformes, las cuales llegan al agua ya sea por infiltración o escorrentía , generando un exceso de nutrientes que el suelo no alcanza degradar por lo que terminan en las rodas hídricas ; a pesar de que no es un contenido de contaminante tan alto como el de Hato grande y Puente Sopo es necesario reforzar las estrategias que permitan mitigar afectaciones a dicho recurso.

En los demás puntos de monitoreo se evidencia que la calificación de acuerdo al ICA es aceptable, los niveles de contaminación no son muy altos, sin embargo, son puntos de tener en constante vigilancia para que no se genere una mayor afectación, y con esto establecer pequeñas metas que permitan cumplir con los objetivos propuestos en el POT del municipio.

De acuerdo a los resultados de pH obtenidos en la calificación de los puntos de monitoreo según el ICA es buena, a excepción del punto la Libélula donde cuenta con una calificación aceptable. Como se puede observar en la Figura 6 y 7 y relacionando la ubicación de dicho punto con las actividades económicas, es posible evidenciar que la demanda de industrias en dicha zona no es muy relevante, sin embargo, se evidencio que a los alrededores hay presencia de ganadería, cultivos de flores; y la conexión con una microcuenca que es aledaña a la zona urbana del municipio; dicho esto pueden ser algunas las razones que generan la alteración del pH, a consecuencia de los sistemas inexistentes o deficientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales, el uso excesivo o inadecuado de fertilizantes, químicos entre otros.

De acuerdo a la Figura 5 se evidencia que el oxígeno disuelto “OD” en los puntos de monitoreo Hato Grande, Puente Sopo y la Libélula poseen una calificación regular, se puede observar que aunque no es completamente mala la calidad del agua, no está muy lejos para

llegar a ello. Es necesario hacer monitoreos donde se realice mayor vigilancia que permitan establecer planes y acciones que mitiguen este impacto y mejoren la calificación ICA.

En cuanto a estos tres puntos de monitoreo “Hato Grande, Puente Sopo y la Libélula” dicha calificación puede ser atribuida a la misma razón mencionada anteriormente “a la ubicación; posiblemente evaluada a la acumulación de contaminantes generados por las diferentes actividades industriales; los cuales generan alteraciones importantes, inhibiendo el paso del oxígeno a dicho ecosistemas; estos puede ser consecuencia del mal manejo de los residuos peligrosos ” grasas, aceites usados” , uso de jabones, agentes químicos, materia orgánica entre otros.

En los demás puntos, La violeta, Punto Adobe y San Gabriel tiene calificación aceptable. El índice de contaminación de estos se puede generar posiblemente a los residuos que se generan a partir de industrias de servicios, alojamiento y restaurante que son las que prevalecen en los alrededores de dichas zonas; a consecuencia del manejo inadecuado de residuos, la falta de un sistema de tratamiento de aguas residuales o a al mal uso o inexistencia de los pozos sépticos que eviten el flujo de altas cargas contaminantes.

A partir del año 2021 la CAR anuncio la implementación de la nueva planta de tratamiento de aguas residuales PTAP que beneficiaran los habitantes del municipio y se empieza a trabajar por los objetivos del ente ambiental estipulados en el POT donde se busca mitigar el impacto a las rondas hídricas. (**CAR 2021**), sin embargo, es necesario fortalecer el uso y la implementación de sistemas de tratamiento pequeños que ayuden a minimizar el impacto y no dejar toda la responsabilidad a la planta de tratamiento del municipio.

## 12. Conclusiones

Esta investigación se llevó a cabo con los datos obtenidos a partir de los sensores ciudadanos, donde se realizó un análisis a algunas de las actividades que mayor influencia en el municipio; por el que se encontró que una de las actividades de mayor relevancia económica en municipio de Sopo es la ganadería y producción lechera; a partir de ello se sacaron algunas posibles causas de los resultados de los datos obtenidos por los mismos. Entre estos se vincularon también instituciones educativas, universidades u otras organizaciones los cuales son esenciales para el cuidado, protección y conservación de la cuenca.

Para el análisis de los resultados obtenidos por los sensores ciudadanos se trabajó en base a la cartografía del municipio utilizando como herramienta algunas capas hidrográficas del municipio donde fue posible evidenciar la cuenca del Río Teusacá, ríos, lagos y demás fuentes hídricas del municipio, las cuales fueron plasmadas por medio de sistemas de información geográfica “SIG”; así mismo se plasmó la ubicación de las industrias con mayor relevancia en el municipio.

De esta manera se facilitó la realización de hipótesis de las posibles causas de lo que genera impacto negativo a esta fuente hídrica, donde se resalta que existen falencias en cuanto a la prevención y mitigación de impactos a zonas de protección “rondas hídricas”, como lo es la cuenca del río Teusacá ya que la calidad del agua no es la mejor; esto de acuerdo a la figura 11 se evidencian señales de alarma por los altos índices de contaminantes que llegan a la cuenca, para lo cual se recomienda realizar un mejor control de aguas residuales y vertimientos del municipio.

Se hizo un diagnóstico donde fue posible empalmar los parámetros de calidad del agua basados a la normatividad ICA, junto información abordada desde el PBOT y POT del

municipio sobre usos del suelo; de acuerdo a esto se evidencio que se encuentran unos puntos de monitoreo que generan mayor preocupación que otros en el caso de conductividad eléctrica los puntos Hato Grande y Aposentos, por lo que se debería generar más presión en cuanto a mitigar dicho impacto. Respecto a las actividades pueden llegar a generar mayor impacto dichas fuentes hídricas esta la ganadería; cabe resaltar que no es una actividad de gran relevancia en el municipio, sin embargo, los contaminantes provenientes de esta actividad eran relacionables con la clasificación de dichos parámetros. Esto sin ánimo de expresar que sea la única actividad económica que genere un impacto negativo.

En cuanto al desarrollo del documento se encontraron algunas falencias en cuanto a la obtención de información por parte del municipio, esto debido a que la información que contenía la página de la alcaldía de sopo Cundinamarca es muy reducida, hasta hace muy poco la alcaldía empezó a trabajar en el desarrollo de la página web.

Es necesario resaltar que a pesar de que se destaca un gran trabajo por parte de los sensores ciudadanos teniendo en cuenta su desempeño, disposición de tiempo, entrega a realizar cada una de las actividades en pro a tener un mejor ambiente.

Es de gran importancia destacar el trabajo que realiza el acueducto progresar con el proyecto de la gran cuenca del rio Teusacá trabajando de la mano con la participación ciudadana y vinculando más organizaciones que se interesan por el cuidado, protección y mitigación de impactos a esta fuente hídrica, ya que es una labor que se realiza en pro a una mejor calidad en el recurso hídrico donde los beneficiados son la misma comunidad del municipio.

### 13. Referencias

- Alcalde, E., & Sopó, M. De. (2007). “ *por medio del cual se compilan las disposiciones contenidas en los acuerdos 009 de 2000 y 012 de 2007 , referentes al plan básico de ordenamiento territorial del municipio de sopó .*”
- Álvarez A., Rubiños E., Gavi F., Ramírez C., Mejía E., (2006). índice de calidad del agua en la cuenca del río amajac, hidalgo, México: diagnóstico y predicción, de Revista Internacional de BOTANICA EXPERIMENTAL. Sitio web: [https://www.researchgate.net/profile/Elizabeth-Acosta-2/publication/255622816\\_Indice\\_de\\_calidad\\_del\\_agua\\_en\\_la\\_cuenca\\_del\\_rio\\_Amajac\\_Hidalgo\\_Mexico\\_Diagnostico\\_y\\_Prediccion/links/54b4008a0cf28ebe92e448f7/Indice-de-calidad-del-agua-en-la-cuenca-del-río-Amajac-Hidalgo-Mexico-Diagnostico-y-Prediccion.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Elizabeth-Acosta-2/publication/255622816_Indice_de_calidad_del_agua_en_la_cuenca_del_rio_Amajac_Hidalgo_Mexico_Diagnostico_y_Prediccion/links/54b4008a0cf28ebe92e448f7/Indice-de-calidad-del-agua-en-la-cuenca-del-río-Amajac-Hidalgo-Mexico-Diagnostico-y-Prediccion.pdf)
- Cárdena Bocanegra, H. A. (2019). *Riesgos Ambientales y Sociales en el Sector Alimentos*. 75.
- Cordy, G. E. (2014, 18 febrero). *USGC*. Science for a changing world. Sitio web: <https://pubs.usgs.gov/fs/fs-027-01/>
- Cunill, N. (1991). Participación ciudadana. *CLAD (Caracas)*, 243–254. <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Participación+ciudadana#2>
- Espacios, H. R., Autores, L. O. S., Torres, P. A., Padilla, T., & Almario, A. (2018). *Análisis de aspectos ambientales generados por las prácticas ganaderas en el área de influencia de la ciénaga de Betancí en el municipio de Montería ( Colombia )*. <http://www.revistaespacios.com/a18v39n44/a18v39n44p24.pdf>

FAO. (2018). *Los contaminantes agrícolas: una grave amenaza para el agua del planeta.*

FAO.

Felipe, M. V. D. (2017). *Análisis De La Evolución Del Valor Agregado Del Municipio De*

*Sopó.* 30.

García, A. O. (n.d.). *Impacto ambiental de ganadería de leche en Colombia.*

file:///C:/Users/Home/Downloads/326281-Texto del capítulo-119737-2-10-20170613.pdf

Gómez, M. & Ramírez, L. (2014). Identificación de los impactos ambientales generados por el

cultivo de papa y sus efectos sobre la calidad del agua en el páramo de guerrero- municipio de Zipa

Hoteles, E. N., & Hoteles, S. E. N. (2019). *RIESGOS AMBIENTALES Y RIESGOS AMBIENTALES Y SOCIALES RESTAURANTES Y ESTA- RESTAURANTES.*

INFORMA COLOMBIA S.A. (2020). Listados de empresas en SOPO

[https://www.informacolombia.com/directorio-empresas/localidad\\_sopo](https://www.informacolombia.com/directorio-empresas/localidad_sopo)

.Linares, C. A. B., & Rojas, A. C. G. (2018). *programa de gestión ambiental para la empresa de mantenimiento, diseño y soluciones s.a.s.* 0–125.

[https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/15637/programa de gestión ambiental para la empresa m%2cd %26 s s.a.s.pdf? sequence=1&isallowed=y](https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/15637/programa%20de%20gesti%C3%B3n%20ambiental%20para%20la%20empresa%20de%20mantenimiento%20y%20soluciones%20s.a.s.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Regional, C., Departamental, C., Local, C., Jur, M., General, D., & Bi, S. (n.d.). *Ecofores ltda.*

Rojas, Carlos Andrés Babativa, I. a. c. g. (2018). *programa de gestión ambiental para la*

*empresa de mantenimiento, diseño y soluciones s.a.s.* programa de gestión ambiental para la empresa de mantenimiento, diseño y soluciones s.a.s.

[https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/15637/Programa de  
Gestión Ambiental para la empresa](https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/15637/Programa%20de%20Gesti%C3%B3n%20Ambiental%20para%20la%20empresa)

Subcuenca, L. D. E. L. A., Regional, E., Conceptual, M., Internacional, C., Nacional, C.,

Vaca, M. (2019). Metodologías para la evaluación de la influencia de actividades

agropecuarias en la calidad del agua, de PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA

DEL ECUADOR. Sitio web:

[http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/17107/Tesis%20Maestr%  
c3%ada%20Mar%  
c3%adaElisaVaca.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/17107/Tesis%20Maestr%C3%ADa%20Mar%C3%ADaElisaVaca.pdf?sequence=1&isAllowed=y)