



**Ciencia ciudadana y Monitoreo participativo para el análisis de la calidad del agua en la
Cuenca del Río Teusacá, jurisdicción del Municipio de La Calera (Cundinamarca)**

Natalia Zabala Camayo

Universidad Antonio Nariño
Facultad Ingeniería Ambiental y Civil

2021



**Ciencia ciudadana y Monitoreo participativo para el análisis de la calidad del agua en la
Cuenca del Río Teusacá, jurisdicción del Municipio de La Calera (Cundinamarca)**

Natalia Zabala Camayo

Trabajo de grado para optar por el título de

INGENIERO AMBIENTAL

DIRECTOR:

PhD. DAVID APERADOR RODRIGUEZ

Universidad Antonio Nariño

Facultad Ingeniería Ambiental y Civil

2021

RESUMEN

El agua como fuente importante para la vida y el ecosistema ha presentado ciertas limitaciones relacionado con la distribución a nivel mundial, posee impurezas provenientes de procesos industriales, agrícolas y domésticos, siendo estos desechos transportados y vertidos a fuentes hídricas (Rojas, 2009). El uso del agua es indispensable y requiere del estudio sobre la calidad del agua según los criterios e indicadores que lo evalúan para la utilidad en el sector agrícola, industrial y para consumo.

Con el objetivo de cumplir con este estudio inicialmente se realiza un diagnostico general del río Teusaca y del municipio de la Calera Cundinamarca realizando un reconocimiento del territorio por medio de la cartografía y herramientas de SIG, integrando la labor de la participación ciudadana, personas que hacen parte del programa socioambiental del río Teusacá. Por medio del PBOT de La Calera Cundinamarca, con relación al tema ambiental en los usos y conflictos del suelo.

El desarrollo de este estudio permite el análisis de posibles causas de afectación del río Teusaca en los lugares de monitoreo a cargo de los sensores ciudadanos a partir de las señales de alarma arrojadas en las fechas comprendidas en el periodo de octubre del 2019 a octubre del 2020. La integración de la participación ciudadana para muchos proyectos ambientales es de gran importancia como parte de programas sociales que permiten mantener conciencia sobre la protección y conservación del ecosistema en sus territorios.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
3. JUSTIFICACIÓN.....	9
4. OBJETIVOS.....	10
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	10
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
5. MARCO CONCEPTUAL.....	11
5.1 Cuencas hidrográficas, delimitación y ordenación.....	11
5.2 Calidad del agua del recurso hídrico.....	12
5.3 Ciencia Ciudadana.....	16
5.3.1 Características sobre proyectos de ciencia ciudadana.....	17
6. ESTADO DEL ARTE.....	18
6.1 Antecedentes.....	18
6.2 Programa Río Teusacá.....	20
6.2.1 Proceso de Monitoreo y registro de parámetros.....	21
6.2.2 Problemática de los POT en relación al tema ambiental.....	28
7. MARCO REFERENCIAL.....	30
7.1 Marco Normativo.....	30
7.1.1 Plan Básico Ordenamiento Territorial La Calera Cundinamarca.....	31
7.1.2 Plan de Manejo de la Cuenca del río Teusacá.....	34
7.1.3 Plan de Manejo de la Cuenca del Río Bogotá.....	36
7.1.4 Calidad del agua (Río Bogotá).....	37
7.1.5 Ley 134 de 1994; Mecanismos Participación Ciudadana.....	37
7.2 Área de estudio – Municipio La Calera (Cundinamarca).....	38
7.2.1 Localización.....	38
7.2.2 División Político administrativa.....	39
7.2.3 Usos del suelo rural.....	40
7.2.4 Subcuenca Río Teusacá y quebradas.....	45
7.2.5 Topografía y Pendientes.....	47
7.2.6 Climatología.....	47
7.2.7 Contaminación Río Teusacá.....	48
8. METODOLOGIA.....	48
9. ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	50
9.1 Resultados Monitoreo y análisis del Índice de Conductividad Eléctrica.....	50
9.2 Resultados Monitoreo y análisis del Índice de pH.....	58
9.3 Resultados Monitoreo y análisis del Índice del Oxígeno Disuelto.....	66
10. CONCLUSIONES.....	81
11. Bibliografía.....	83

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ordenación de Cuencas hidrográficas.	12
Figura 2. Características ciencia ciudadana.	18
Figura 3. Red de Monitoreo participativo calidad del agua y biodiversidad.	21
Figura 4. Puntos de Monitoreo Río Teusacá.....	24
Figura 5. Nacimiento Río Teusacá.....	25
Figura 6. Registro pH Punto 1, Verjón Alto.	26
Figura 7. Registro conductividad eléctrica Punto 1, Verjón alto.	27
Figura 8. Registro Oxígeno Disuelto.	28
Figura 9. Expansión Urbana y de Incorporación La Calera.....	39
Figura 10. Área de Reserva Forestal.....	41
Figura 11. Área especial importancia ecosistémica.	42
Figura 12. Zona Agropecuaria – Servicios Públicos Domiciliarios.....	43
Figura 13. Desarrollo restringido en el suelo rural.	44
Figura 14. Sistema de drenaje Municipal.....	46
Figura 15. Metodología; Fuente: Elabora autor 49	49
Figura 16. índice CE, Puntos 1,2 y 3.	51
Figura 17. índice CE, Puntos 4, 5 y 6 52	52
Figura 18. índice CE, Puntos 7, 8 y 9 53	53
Figura 19. índice CE; Puntos 10, 11 y 21 54	54
Figura 20. Índice pH; punto 1, 2 y 3 59	59
Figura 21. Índice pH; punto 4, 5 y 6 60	60
Figura 22. Índice pH; punto 7, 8 y 9 61	61
Figura 23. Índice pH; punto 10, 11 y 21 62	62
Figura 24. Índice OD punto 1 y 2. 67	67
Figura 25. Índice OD punto 3 y 4. 68	68
Figura 26. Índice OD punto 5 y 6 69	69
Figura 27. Índice OD punto 7 y 8 70	70
Figura 28. Índice OD punto 9 y 10 71	71
Figura 29. Índice OD punto 11 y 21 72	72

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. <i>Calificación ICA</i>	16
Tabla 2. <i>Puntos de monitoreo</i> 23	23
Tabla 3. <i>Política de medio ambiente PBOT Calera Cundinamarca</i> 32	32
Tabla 4. <i>Objetivos ambientales PBOT Calera Cundinamarca</i> 33	33
Tabla 5. <i>Políticas y Objetivos Servicios públicos</i> 34	34
Tabla 6. <i>Puntos de monitoreo Río Teusacá 2002 - 2006</i> 35	35
Tabla 7. <i>Subcuencas Río Bogotá</i> 36	36
Tabla 8. <i>Análisis ICA y uso del suelo puntos 2 y 3</i> 77	77
Tabla 9. <i>Análisis ICA y uso del suelo puntos 4 y 5</i> 78	78
Tabla 10. <i>Análisis ICA y uso del suelo puntos 6, 7 y 8</i> 79	79
Tabla 11. <i>Análisis ICA y uso del suelo puntos 9, 10,11 y 21</i> 80	80

1. INTRODUCCIÓN

Según Rojas (2009) el agua se define como un “*líquido incoloro, inodoro e insaboro, el cual es esencial para la vida animal y vegetal, siendo un solvente universal el cual está compuesto por dos átomos de hidrogeno y uno de oxígeno*”. El agua posee impurezas por medio del aire en el agua lluvia, ríos y corrientes de agua por medio del suelo y descargas provenientes de procesos industriales, agrícolas y domésticos, siendo estos desechos transportados y vertidos a fuentes hídricas (Rojas, 2009). La utilidad del agua es indispensable para el progreso agrícola y el sector financiero, para consumo humano, el ecosistema y su biodiversidad, por tal razón la protección y conservación de este recurso es fundamental para preservar la calidad y cantidad de este recurso. En relación con el agua y su análisis, se presenta como criterio la calidad del agua, definida según el Decreto 1575 de 2007 como la “*Comparación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos que se localizan en el agua, regulados por la norma que evalúa la materia*” (Minprotección, 2007).

Los estudios de calidad del agua se desarrollan para evaluar si este recurso es óptimo para el consumo humano, siendo este regulado por cada país según la normatividad. Uso agrícola; siendo importante para mantener la calidad y productividad de los suelos, control del agua para no generar consecuencias por altos niveles de concentración de sales y elementos químicos en el suelo (Rojas, 2009). El agua es determinante para múltiples usos y esto conlleva a determinar si la calidad del agua que se usa para diferentes fines es buena cumpliendo con las necesidades y estándares (Rojas, 2009).

Comprendiendo la importancia del agua y su uso es importante mencionar en la tierra, casi el 71% de la superficie están cubiertas de agua, el 97,5% del volumen total está distribuido en los

océanos, el 2,25% restante es agua natural, distribuido en glaciares, ríos, lagunas, y acuíferos (Jumapan, 2020). Teniendo en cuenta las estadísticas de la distribución del agua en el planeta, toma importancia el desarrollo de proyectos que contribuyan a la valoración, análisis y propuesta de mejora para proteger los cuerpos hídricos.

En el análisis del valor significativo que tiene el agua y conservación nace la propuesta de este proyecto, el cual tiene como objetivo el análisis de la calidad del agua del Río Teusacá en jurisdicción del Municipio de la Calera (Cundinamarca) a partir del monitoreo participativo de los sensores ciudadanos. Este estudio tiene como referente la participación ciudadana, la valiosa función y labor que realizan los ciudadanos que hacen parte del programa socioambiental de *La Gran Cuenca del río Teusacá*, liderado por el Acueducto Progresar E.S.P.

En cuanto a las líneas estratégicas, La ciencia ciudadana tiene como función el desarrollo del conocimiento local articuladamente con ciudadanos voluntarios del territorio. Estas personas se encargan de la medición periódica y registro de información de 21 puntos de calidad del agua y biodiversidad distribuidos en la extensión del Río Teusacá (Progresar, 2020). El sistema de monitoreo se desarrolla en cada uno de los 21 puntos determinados por el programa en jornadas de la mañana cada 15 días, las personas voluntarias realizan el registro de tres parámetros; Conductividad eléctrica, pH y oxígeno disuelto (Progresar, 2020).

Este estudio se concentra en la observación de los datos registrados sobre el índice de calidad del agua y los conflictos del uso del suelo. Es importante resaltar que los datos analizados se enmarcan en el periodo de octubre del 2019 hasta octubre del 2020. El análisis se determina en relación con el PBOT de la Calera por medio de cartografía, los usos y conflictos del suelo urbano y rural, las problemáticas ambientales y causantes de alteraciones del ecosistema del río,

la contaminación del agua, posibles causas según las dinámicas del suelo, incremento de la población, planeación del territorio, demanda y oferta del cuerpo hídrico (Río Teusacá).

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El río Teusacá se localiza en la Cordillera Oriental, fracción central de la del Río Bogotá a unos 2550 m.s.n.m. Se caracteriza por su gran riqueza de fauna y flora, biodiversidad, desarrollo económico en actividades agrícolas como el cultivo de flores, pastoreo intensivo, ganadería y actividades mineras (Ecoforest, 2013).

Actualmente, la subcuenca presenta zonas de conservación ambiental debido a que se encuentra delimitada por montañas estructurales las cuales forman valles que permiten la protección del ecosistema, las zonas de vegetación, interacción de especies y presencia de biodiversidad. Sin embargo, las actividades agrícolas han conllevado a modificaciones en la calidad y cantidad del río Teusacá causantes de vertimiento de cargas contaminantes en las corrientes de agua que desembocan en el río (Ecoforest, 2013).

Como se señala anteriormente el río ha presentado afectaciones y alteraciones debido a actividades agrícolas, como también por el incremento poblacional en el municipio de La Calera. Según el DANE (2018) la población actual del municipio es de 28.908 habitantes y la proyección en el PBOT de la Calera al año 2020 ratifica la misma información, argumentando que se ha observado un crecimiento exponencial en la población desde el año 1985 (Alcaldía La Calera, 2018).

Es importante resaltar que la ciudad de Bogotá D.C (Colombia) ha tenido un desarrollo urbano y poblacional significativo permitiendo la migración de los ciudadanos a municipios cercanos y aumento en la urbanización del territorio. Consecuentemente, el asentamiento en estas

regiones desarrolla una ampliación excesiva en el uso de los recursos naturales; el impacto con relación a cambios drásticos del suelo, pérdida de biodiversidad y vegetación debido a la deforestación, alteraciones en ríos, quebradas y otros daños ambientales (Caicedo A., 2019).

Según el PBOT de la Calera (2018) y en relación con el componente ambiental debido al desarrollo de viviendas campestres, expansión en la zona urbana del municipio e incremento en la población en algunas veredas se han presentado problemas por deficiencia en el control de aguas negras e implementación del saneamiento básico.

En el municipio de la calera el río Teusacá es un cuerpo de agua de gran importancia, la degradación del río presenta inconvenientes desde hace muchos años y estudios demuestran la gestión de desarrollar proyectos que generen soluciones para su conservación, permitiendo el desarrollo adecuado de la biodiversidad y vida ecosistémica (Pedraza, 2014).

¿Como se puede caracterizar la calidad del agua del río Teusacá, jurisdicción la Calera, teniendo en cuenta los usos de sus suelos desde la participación ciudadana como estrategia alternativa en la gestión territorial?

3. JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto se fundamenta principalmente en describir la labor que realizan los sensores ciudadanos en la red de monitoreo de la Gran Cuenca del río Teusacá y evaluar los resultados basados en la toma de datos que registran en cada uno de los monitoreos. La gestión de la participación ciudadana sobre la calidad del agua del Río Teusacá según los parámetros analizados; Conductividad eléctrica, pH y Oxígeno disuelto, permite mantener información actual del estado del estado del río y su biodiversidad.

El Plan Básico de Ordenamiento Territorial de La Calera Cundinamarca contempla dentro de sus objetivos y estrategias del componente ambiental la mitigación de los impactos urbanos sobre los recursos hídricos, siendo parte de las estrategias la ejecución de Planes para la adecuación del acueducto y alcantarillado abarcando la cobertura de redes de alcantarillado, control de aguas residuales en las viviendas campesinas y campestres, separación de aguas lluvias y residuales en la zona urbana principal del municipio (Alcaldía La Calera, 2018).

Según el componente ambiental del PBOT de La Calera y el trabajo de los sensores ciudadanos, la identificación y análisis de la problemática que se presenta en el municipio, en relación con el Río Teusacá fortalece la investigación con el fin de obtener un diagnóstico mucho más técnico y complementario sobre la calidad del agua y los impactos generados por el desarrollo poblacional (Alcaldía La Calera, 2018).

El Río Teusacá como recurso hídrico de gran importancia siendo fuente de abastecimiento del Embalse San Rafael, requiere un sistema de monitoreo constante que permita obtener señales de alarma a tiempo según el índice de Calidad del agua. Por lo anterior, la labor de los sensores ciudadanos es fundamental para evaluar cuales puntos de monitoreo presentan variaciones y cambios no favorables sobre la calidad del agua del río accediendo con esto a la centralización e intervención en los puntos de monitoreo con niveles de contaminación hídrica y afectación del ecosistema, teniendo en cuenta los usos del suelo según el PBOT del municipio de La Calera.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar la calidad del agua en la Cuenca del Río Teusacá, jurisdicción del Municipio de la Calera (Cundinamarca) a partir del monitoreo participativo de los sensores ciudadanos.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los conflictos del uso del suelo según la cartografía y clasificación relacionada en el PBOT del municipio de la calera.
- Analizar los datos generados por los sensores ciudadanos y fortalecer el diagnóstico a partir de su validez y argumentación técnica.
- Generar una línea base a partir de los resultados analizados y proponer un análisis técnico en acción futura, para evaluar parámetros físicos y químicos en puntos de monitoreo con mayor presentación de niveles altos de contaminación.

5. MARCO CONCEPTUAL

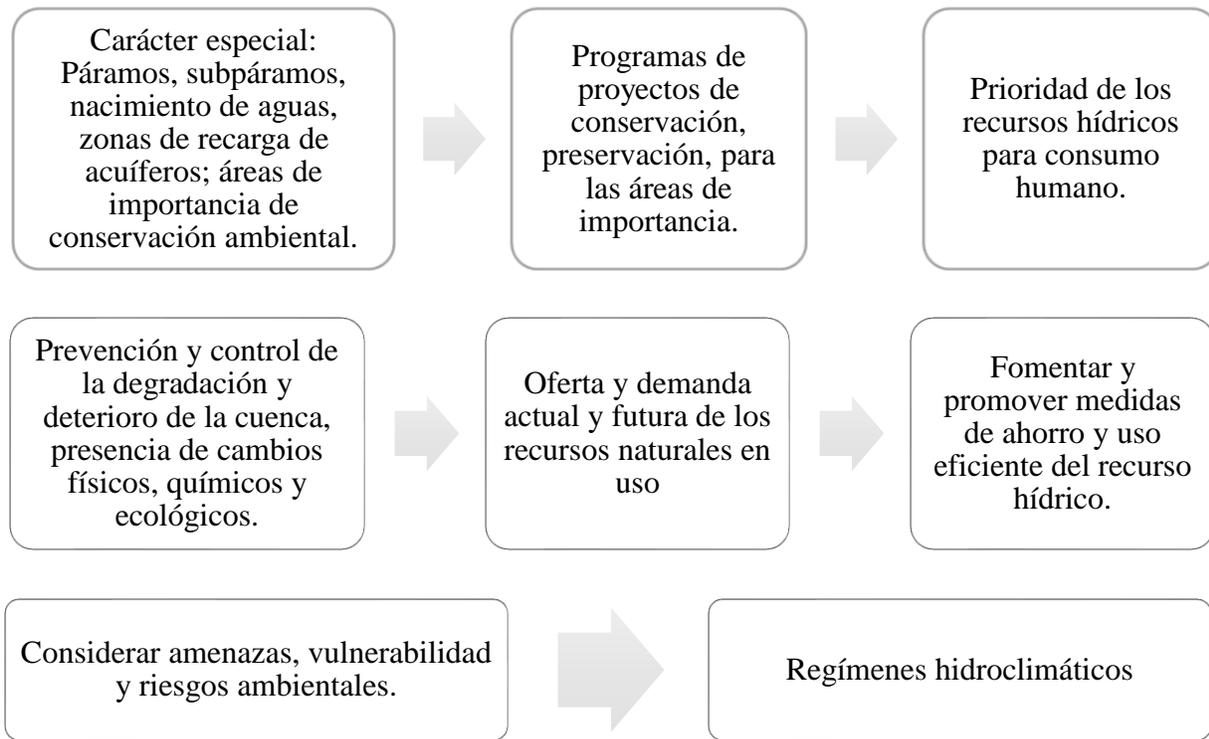
Se presenta el marco conceptual comprendiendo 4 ejes consecuentes para el análisis de la investigación: Cuencas hidrográficas, delimitación y ordenación, Cuerpos de agua y clasificación, Calidad del agua del recurso hídrico y Ciencia Ciudadana.

5.1 Cuencas hidrográficas, delimitación y ordenación

La cuenca hidrográfica se define como el área superficial o subterránea, donde son vertidas en un sistema hídrico natural comprendida entre un único cauce o varios, con un caudal permanente o discontinuo, transportado a un curso de agua mayor, río principal o a los océanos. Una cuenca hidrográfica está asociada con los límites de drenaje entre dos valles, es decir, la distribución en una región (Minambiente, 2002).

La distribución de una cuenca se centra en la proyección sostenible de los recursos naturales renovables, siendo importante establecer un equilibrio entre la conservación físico-biótica y aprovechamiento por concepto económico (Minambiente, 2002).

Figura 1. Ordenación de Cuencas hidrográficas.



Nota: La Figura 1 muestra el desarrollo, directriz y ordenación de las cuencas hidrográficas. Fuente: Elabora autor - base de información (Sierra R., 2011)

5.2 Calidad del agua del recurso hídrico

Según IDEAM (2020) el agua se define como una fase o etapa líquida de un compuesto químico el cual está formado en dos partes; Hidrogeno y 16 partes de oxígeno en peso, en el medio ambiente se presenta en pequeñas cantidades en forma de gases y sólidos, sales y disolución, (IDEAM, 2020). Como concepto técnico el agua se define como un *“líquido incoloro, inodoro e insaboro, el cual es esencial para la vida animal y vegetal, siendo un solvente universal el cual está compuesto por dos átomos de hidrogeno y uno de oxígeno”* (Rojas, 2009).

En relación a la calidad del agua se define según el Decreto 1575 de 2007 como la comparación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos que se localizan en el agua, regulados por la normatividad (Minprotección, 2007).

Según Rojas (2009) el concepto técnico de la calidad del agua se describe principalmente dependiendo del uso que se le vaya a brindar o el propósito de dicho uso. Para determinar los criterios que evalúan la calidad del agua deben medirse los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos, como también especificar los métodos para determinar esos mismos parámetros, comprendiendo que debe haber una consideración del empleo o manejo de este recurso, su valor en el suministro público, la conservación de la fauna y flora en su ambiente natural, el uso agrícola e industrial y medio de recreación en el que se use (Rojas, 2009).

El desarrollo sobre el análisis de la calidad del agua es de gran importancia para comprender su comportamiento y alteración en su ciclo normal. El estudio de la calidad del agua se enfoca en el análisis físico (turbiedad, la temperatura, color, oxígeno disuelto, conductividad), el análisis químico (pH, dureza, DBO, DQO) y análisis biológico (coliformes totales y fecales, salmonellas), (Rojas, 2009).

En este estudio se evalúan tres parámetros los cuales son pH, Conductividad eléctrica y Oxígeno disuelto. Estos parámetros son tomados en campo y analizados por medio del índice de calidad del agua en corrientes superficiales (ICA) del IDEAM. A continuación, se describen cada uno de los parámetros. Inicialmente se detalla la fórmula de cálculo para determinar el ICA, informando que cada una de las variables están detalladas en la fuente referenciada (IDEAM, 2013):

$$ICA_{njt} = \left(\sum_{i=1}^n W_i * I_{ikjt} \right)$$

$$ICA \text{ promedio }_{njt} = \frac{\sum_{k=1}^m (\sum_{i=1}^n W_i * I_{ikjt})}{m}$$

Oxígeno Disuelto (OD): La determinación de este parámetro es fundamental para estudios ambientales, según Rojas (2009) “*Se define como el factor que determina la presencia de condiciones aeróbicas o anaeróbicas en un medio. La determinación de este parámetro sirve para cuantificar la DBO, grado de polución en los ríos, tratamientos aeróbicos y tasa de aireación*”. En otro contexto esta variable según el IDEAM (2013) “*Define la presencia o ausencia de especies acuáticas*”. Según el IDEAM (2013) primero se debe calcular el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (PS_{OD}).

$$PS_{OD} = \frac{Ox * 100}{C_p}$$

Donde:

Ox : Oxígeno disuelto registrado en campo (mg/l).

C_p : Concentración de oxígeno (mg/l).

Una vez analizado el porcentaje de saturación, se determina el valor del índice I_{OD} , por medio de la siguiente formula:

$$I_{OD} = 1 - (1 - 0,01 * PS_{OD})$$

Cuando el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto es mayor al 100%, se aplica la siguiente formula:

$$I_{OD} = 1 - (1 - 0,01 * PS_{OD} - 1)$$

Conductividad eléctrica (CE): Esta variable según Rojas (2009) “*Se define como la expresión numérica representando su habilidad en la movilidad de fluidos eléctricos que requieren de la concentración total de las sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura*”. La medición de esta variable permite determinar de manera rápida la concentración de sólidos disueltos en una muestra de agua. Según el IDEAM (2013) la conductividad eléctrica se determina con la siguiente fórmula:

$$I_{CE} = 1 - 10^{(-3.26+1.34\text{LogCE})}$$

Cuando: $I_{CE} < 0$, entonces $I_{CE} = 0$

pH: El potencial de hidrógeno según IDEAM (2013) el pH “Determina el estado de acidez en niveles altos o bajos que afectan el ecosistema”. Cálculo evaluado de la siguiente manera:

Si $pH < 4$, entonces $I_{pH} = 0.1$

Si $4 < pH < 7$, entonces $I_{pH} = 0,02628419 * e^{(pH*0,520025)}$

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

Si $8 < pH \leq 11$, entonces $I_{pH} = 1 * e^{((pH-8)*-5187742)}$

Si $pH > 11$, entonces $I_{pH} = 0,1$

Posterior a realizar los cálculos por cada parámetro se realiza la interpretación de los resultados con valores optativos, es decir, indicadores clasificados por categorías como valor ICA, de acuerdo a ellos se realiza una calificación por de la calidad del agua y se asocia con un color como señal de alarma, como se detalla en la tabla No.1 (IDEAM, 2013).

Tabla 1. Calificación ICA.

Indicadores	Apreciación ICA	Indicación de alarma
0,00 – 0,25	Muy mala	Rojo
0,26 – 0,50	Mala	Naranja
0,51 – 0,70	Regular	Amarillo
0,71 – 0,90	Aceptable	Verde
0,91 – 1,00	Buena	Azul

Nota: La Tabla 1 muestra la calificación de la calidad del agua según valores del ICA. Fuente: Elabora autor, base de información (IDEAM, 2013)

5.3 Ciencia Ciudadana

Para definir Ciencia ciudadana existen varios conceptos, de manera simplificada la ciencia ciudadana es la integración de una formación que contiene una serie de procesos que genera un conocimiento colectivo y concreto en el entorno social, ambiental, entre otros (Conabio, 2020).

La ciencia ciudadana se creó hace más de un siglo en temas de arqueología, historia natural donde su motivo principal es generar información que complementa proyectos de investigación, en la actualidad gracias al avance tecnológico este tipo de actividades se ha fortalecido ya que permite que la información se pueda compartir por medios digitales y por ende el grado de importancia de estos procesos es notable (Conabio, 2020).

En contexto estos grupos de ciudadanos son potenciales para usar su profesionalismo o participación en el tema educativo enfocado en la conservación, observación, análisis y evaluación en la protección de la biodiversidad y los recursos naturales (Betancur E., 2016).

La ciencia ciudadana ha tomado gran importancia en temas ambientales principalmente. Un estudio que se originó 1900, llamado Christmas Bird Count, tuvo como objetivo monitorear las especies de pájaros que podían verse en el invierno, en donde vinculaba la participación

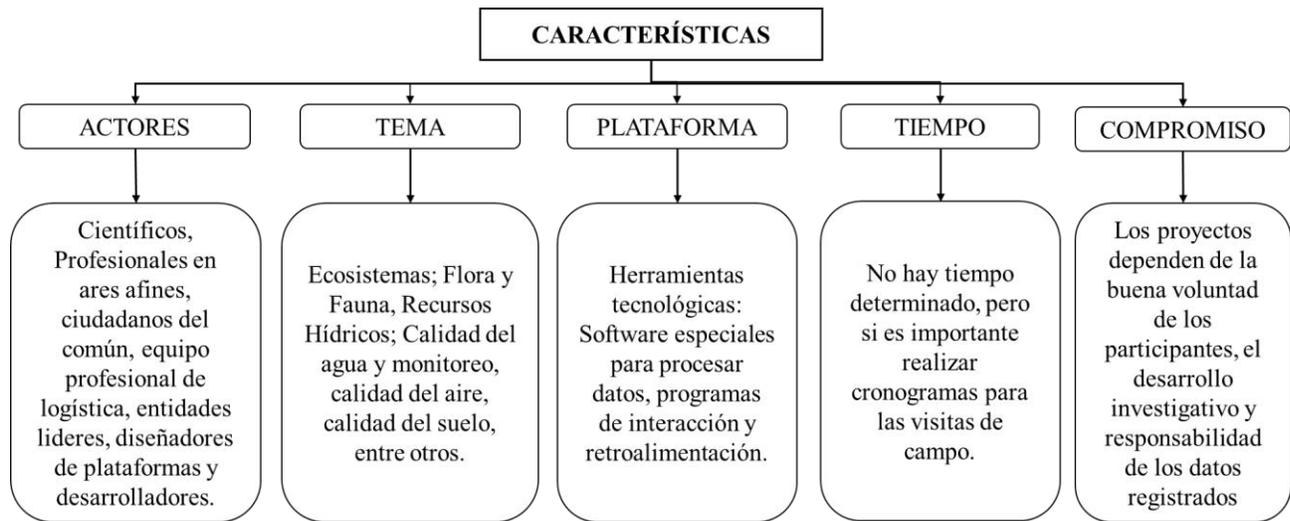
ciudadana para registrar detalladamente observaciones sobre este tipo de especies, desde hace 50 años (Betancur E., 2016). En Colombia desde 1989 en Bogotá y 1990 en Santa Marta se han tomado registros, siendo estos lo más antiguos pero significativos para dar continuidad con este programa a cargo de la Asociación Colombiana de Ornitología, siendo la temporada 121 la más actual para el mes de enero del 2021 (ACO, 2021)

Es importante resaltar que hace muchos años el auge de la tecnología, el internet y el acceso a información en tiempo real no era fácil, adicionalmente el uso de equipos como un celular para fotografiar, tomar datos, registro de coordenadas y demás funciones ha tomado una relevancia en estudios de participación ciudadana. Por otro lado, el acceso a las redes sociales, herramientas como Google Maps, Google Earth y programas gratuitos que han garantizado tener esos instrumentos de fácil manejo y enseñanza.

5.3.1 Características sobre proyectos de ciencia ciudadana

En Colombia, existen entidades gubernamentales con iniciativas de Formación ambiental, como PRAE o Proyectos Ambientales Escolares, PROCEDAS o Proyectos Ciudadanos relacionados con el medio ambiente, en los cuales su enfoque también ha tenido un aporte significativo de la ciencia ciudadana fomentando la preservación y conservación del medio ambiente (Betancur E., 2016). En proyectos de investigación y participación ciudadana se deben resaltar algunas características de la ciencia ciudadana, figura 2.

Figura 2. Características ciencia ciudadana.



Nota: La Figura 2 muestra las características con relación a la ciencia ciudadana y su respectiva función en el desarrollo de programas de participación. Fuente: elabora autor, base información (Betancur E., 2016)

6. ESTADO DEL ARTE

6.1 Antecedentes

El estado de conocimiento se ha basado en artículos científicos, estudios realizados a nivel internacional, como en lugares de Europa, Rumania, Grecia y Nueva York.

El estudio desarrollado por Assumpção (2019) y otros autores se centra en los desafíos para diseñar campañas ciudadanas con el objetivo de evaluar y recopilar datos útiles en temas ambientales, en este caso análisis de inundaciones de ríos. Durante el proceso integraron una plataforma específica la cual se usó en las campañas ciudadanas para la recopilación de datos necesarios para el análisis y gestión de inundaciones en dos lugares como áreas piloto localizados en Europa; El Delta de Danubio en Rumania y la Cuenca de Kifissos en Grecia. En conclusión, el estudio se demostró como un proceso factible implementando campañas ciudadanas centradas en aplicaciones piloto.

Por otra parte, Jollymore (2017) desarrollo un estudio donde se enfocó en diseñar una campaña de ciencia ciudadana que investigue los impactos de las cuencas hidrográficas sobre la calidad del agua para examinar la naturaleza. Los datos que simbolizan resultados científicos se muestran por medio de una serie de ilustraciones los cuales ofrecen el contexto del por qué, cómo y donde los ciudadanos se involucran en el proyecto. En conclusión, los autores basaron su experiencia en el emprendimiento en la ciencia ciudadana sobre la calidad del agua para un tal fin de comprender la capacidad de análisis y recopilación de datos de la ciudadanía y hacer las respectivas comparaciones con la ciencia tradicional, cumpliendo con objetivos de enfoques de contexto histórico tanto científico como social.

Otro estudio enfocado en la ciencia ciudadana lo desarrollo Jalbert (2016) estudio basado en el desarrollo de una rúbrica para analizar cómo los distintos tipos de dispositivos de monitoreo eran de gran utilidad para los defensores del medio ambiente y poder argumentar sus datos en debates públicos. La aplicación de este estudio se enfocó en organizaciones ambientales en Pennsylvania, los cuales estaban decidiendo en la elección de contratar científicos ciudadanos voluntarios o el uso de dispositivos automatizados basados en sensores para recopilar datos de calidad del agua en afluentes amenazados por la fracturación hidráulica para el gas natural. En conclusión, el estudio identifica los factores revelados en el caso para una buena implementación de diseño y selección de los dispositivos de detección ambiental los cuales pueden satisfacer mejor las necesidades de las comunidades para enfrentar amenazas ambientales.

Adicionalmente, otro estudio desarrollado por Capdevila (2020) se apoyó en la revisión sistemática de 56 artículos de investigación evaluados por pares, permitiendo la identificación de tres factores para proyectos de ciencia ciudadana en la calidad del agua, integrando el potencial de la participación ciudadana en el monitoreo, estos factores son: *los atributos de los*

ciudadanos, atributos de las instituciones y las interacciones entre ciudadanos e instituciones.

En conclusión, el resultado de este estudio demuestra que la ciencia ciudadana tiene un gran potencial para registrar datos sobre la calidad del agua, incentivando su capacidad para el monitoreo de cuerpos hídricos.

Otro estudio desarrollado por Farnham (2017) presento inicialmente la ilustración del valor científico de una campaña de monitoreo de científicos ciudadanos mediante el uso de recopilación de datos a través de la campaña permitiendo la caracterización de la variabilidad estacional sobre la concentración bacteriana, como también su resultado ante las precipitaciones. Este estudio se realiza en la ciudad de Nueva York monitoreando las vías fluviales afectadas por las aguas pluviales y aguas residuales no tratadas durante los periodos de lluvia. En conclusión, el propósito del estudio principalmente se enfoca en formar la participación de científicos ciudadanos en acciones de prueba sobre la calidad del agua siendo un objetivo para construir una base de datos históricos sobre las concentraciones de bacterias en las vías fluviales.

6.2 Programa Río Teusacá

El proyecto socioambiental del río Teusacá, propone realizar acciones en torno al conocimiento del estado del agua y la diversidad biológica en su cuenca, a partir de procesos relacionados con participación ciudadana, trabajo científico y actividad institucional (Progresar, 2020).

En cuanto a las líneas estratégicas, La ciencia ciudadana tiene como función el desarrollo del conocimiento local articuladamente con ciudadanos voluntarios del territorio. Dispone de dos procesos donde las personas que se integran se encargan de la medición periódica y registro de información de 21 zonas distribuidas en la extensión del río. (Progresar, 2020).

Figura 3. Registro del estado del agua y la diversidad biológica



Nota: La Figura 3 muestra el proceso del registro del estado del agua y diversidad biológica. Fuente: Autor y (Progresar, 2020)

La segunda línea estratégica se refiere al trabajo científico relacionado con entidades de formación técnica que estén interesados en los procesos que se realizan con la subcuenca Teusacá, por medio de la línea de ciencia ciudadana del Programa, facilitando y aportando conocimiento sobre los temas locales. Esta línea en temas ambientales, cumpliendo con el objetivo de realizar la formulación correcta de preguntas de investigación con necesidades puntuales de la cuenca (Progresar, 2020).

La tercera línea estratégica se refiere a la actividad institucional la cual se enfoca en la integración constante de aquellos interesados de la cuenca donde incluye empresas privadas, gubernamentales, organizaciones no gubernamentales, sociedad civil y académica, cumpliendo con el objetivo de fortalecer la gobernanza y la sostenibilidad del río (Progresar, 2020).

6.2.1 Proceso de Monitoreo y registro de parámetros

El proceso de monitoreo se desarrolla en cada uno de los 21 puntos determinados por el programa los cuales se localizan en los municipios de Sopo, La Calera, Guasca, Paramo del Verjón, observar la Figura 4. Los parámetros a monitorear es la conductividad eléctrica, el pH y el oxígeno disuelto con equipos portátiles digitales, estos registros se realizan en jornadas de la

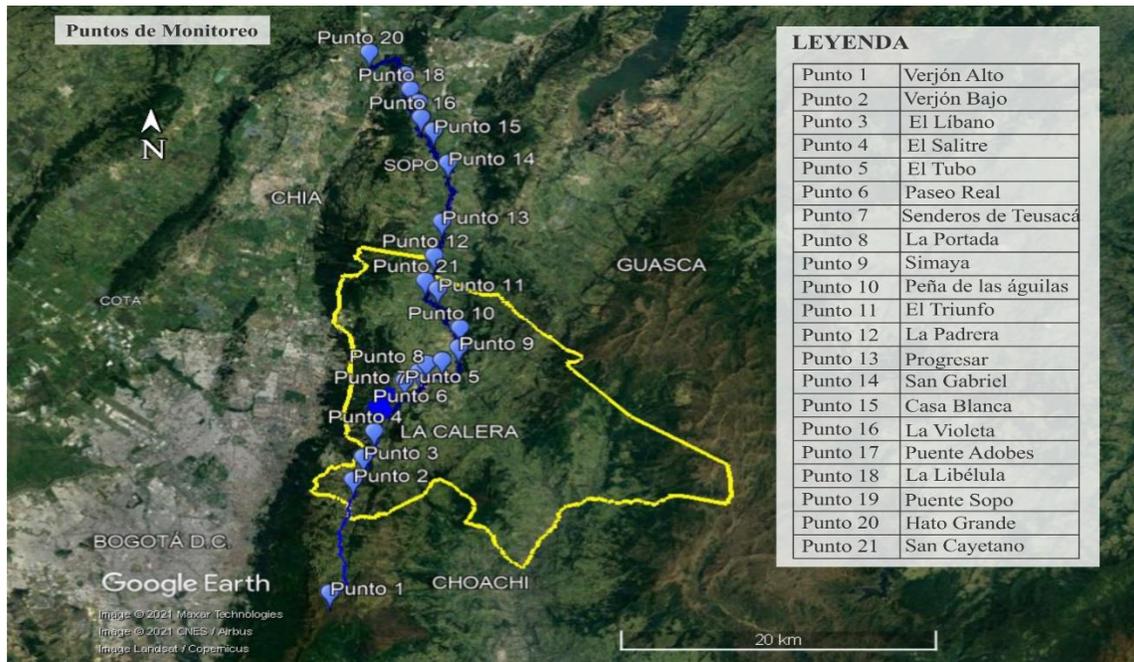
mañana cada 15 días. Posteriormente son procesados manualmente y analizados según la metodología del IDEAM para calcular el Índice de Calidad del agua a cargo del Programa. Los puntos de monitoreo cuentan con su registro de coordenadas registradas por el programa, observar Tabla 2 (Progresar, 2020).

Tabla 2. Puntos de monitoreo

Numero	Nombre del punto	Coordenadas
1	Verjón Alto	
2	Verjón Bajo	
3	El Líbano	EO 1008442 NO1007155
4	El Salitre	
5	El Tubo	EO 1011720 NO 1013266
6	Paseo Real	EO 1012087 NO 1013413
7	Senderos de Teusacá	EO 1012449 NO1014017
8	La Portada	EO 1013519 NO 1014118
9	Simaya	EO 1014225 NO 1014280
10	Peña de las águilas	
11	El Triunfo	EO 1013439 NO 1019821
12	La Padrera	EO 1012727 NO 1022277
13	Progresar	
14	San Gabriel	EO 1013092 NO 1026144
15	Casa Blanca	
16	La Violeta	EO 1013676 NO 1029683
17	Puente Adobes	EO 1012774 NO 1032332
18	La Libélula	
19	Puente Sopo	
20	Hato Grande	
21	San Cayetano	EO 1013516 NO 1019667

Nota: La tabla 2 muestra los 21 puntos de monitoreo del programa del río Teusacá con sus respectivas coordenadas. Fuente: Autor y (Progresar, 2020)

Figura 4. Puntos de Monitoreo Río Teusacá



Nota: La Figura 2 evidencia los 21 puntos de monitoreo ubicados en el río Teusacá. Fuente: Autor y (Progresar, 2020).

A continuación, se evidencia como es el proceso en una jornada de registro de parámetros en el Punto 1, Verjón Alto. Este punto se localiza en el Páramo del Verjón vía Choachí lugar protegido a cargo del parque Matarredonda. En este punto nace el río Teusacá, como también se forma la Laguna Teusacá.

Reconocimiento del lugar: Se describen características generales como el estado del clima, el estado del agua del río, la vegetación y fauna presente. Se registra en la planilla: Fecha, hora, nombre del vigía, punto de monitoreo y las respectivas observaciones.

Figura 5. *Nacimiento Río Teusacá.*



Nota: En la Figura 5 se observa el Nacimiento del Río Teusacá en el Páramo del Verjón. Fuente: Autor

Registro de pH: En un recipiente plástico se recoge un poco de la muestra de agua, antes de este proceso se purga tres veces el recipiente y con la cuarta muestra se realiza el proceso de registro de pH, conductividad eléctrica y temperatura. El registro de pH se realiza en un vaso de muestreo donde se vierte cierta cantidad de la muestra para introducir el pH metro digital portátil como se observa en la Figura 6, es importante que este marque el nivel y luego se observa la lectura en la pantalla del pH-metro, se espera a que quede estable un valor en la pantalla y se registra en la planilla sin retirar el equipo de la muestra de agua. Este registro y toma de datos del pH se realiza tres veces. *Es importante antes de realizar el proceso lavar el equipo y el recipiente a usar con agua destilada.*

Figura 6. Registro pH Punto 1, Verjón Alto.



Nota: En la Figura 6 se evidencia el registro del pH con el pH metro. Fuente: Autor

Registro Conductividad eléctrica: El registro de la conductividad eléctrica se realiza en un vaso de muestreo donde se vierte cierta cantidad de la muestra para introducir el conductímetro portátil como se observa en la figura 7, es importante que este marque el nivel que señala el equipo. Se verifica que en la pantalla se vean las letras ($\mu\text{S}/\text{cm}$) las cuales corresponden a la unidad de medida de la conductividad; micro Siemens por centímetro. Se debe verificar las letras ($^{\circ}\text{C}$), el cual indica que el sensor está registrando la temperatura en grados centígrados, este debe aparecer siempre en $^{\circ}\text{C}$. Posterior a este procedimiento de verificación del equipo se introduce el equipo en la muestra y se procede a observar la lectura en la pantalla del conductímetro, se debe esperar que se estabilice y luego oprimir la tecla (HOLD) la cual permite guardar el dato registrado y de esta manera anotar el dato en la planilla. Durante el proceso de la lectura el conductímetro también registra la temperatura la cual debe anotarse en la planilla correspondiente a la muestra y dato registrado. Este registro y toma de datos del conductímetro

se realiza tres veces, registrando la temperatura de cada muestra; 1, 2 y 3. *Es importante antes de realizar el proceso lavar el equipo y el recipiente a usar con agua destilada.*

Figura 7. Registro conductividad eléctrica Punto 1, Verjón alto.

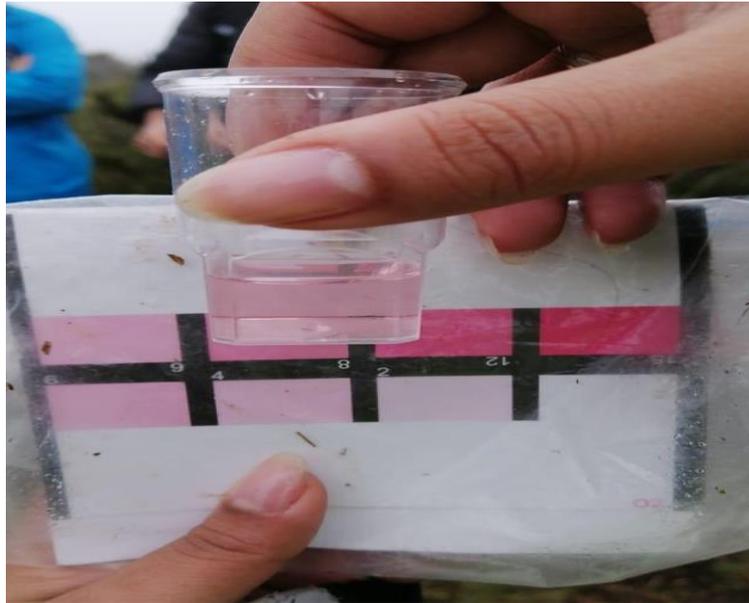


Nota: En la Figura 7 se evidencia el registro de la conductividad eléctrica con el conductímetro digital portátil.

Fuente: Autor

Registro Oxígeno disuelto: Para el registro del oxígeno disuelto se toman 5 ml del agua de muestra con una jeringa y se vierten en el vaso de muestreo, posteriormente se agregan 5 gotas del reactivo (02 – 1) y se agita por 20 segundos, luego se agregan 5 gotas del reactivo (02 – 2) y se agita por 15 segundos, por último, se agregan 5 gotas del reactivo (02 – 3) y se agita por 5 segundos, se deja reposar por 1 minuto. Luego del proceso de los reactivos se espera a que se torne de color rosa la muestra y se estabilice. Se compara el tono de color de la muestra con los que se muestran en la tabla del test, se identifica y se registra el número del que más se parezca a la muestra. *lavar el vaso de muestreo con agua destilada.*

Figura 8. Registro Oxígeno Disuelto.



Nota: En la Figura 8 se evidencia el registro del valor de oxígeno disuelto con la tabla del test de colores. Fuente: Autor

6.2.2 Problemática de los POT en relación al tema ambiental

En Colombia se conoce La Ley 388 de 1997 como instrumento de Ordenamiento del territorio municipal, por parte de la ciudadanía y comunidad es desconocido por sus ciudadanos en muchas regiones de país. Es de gran importancia conocer y analizar el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio o ciudad donde se habita, siendo significativo su reconocimiento debido a que los cambios y el desarrollo de un plan de ordenamiento afecta y favorece directamente la población.

En Colombia se cuenta con 1.103 municipios, de esos municipios 827 tiene un Esquema de Ordenamiento Territorial, 200 municipios cuentan con un Plan Básico de Ordenamiento Territorial y 73 municipios cuentan con un Plan de Ordenamiento Territorial. Tres municipios pendientes en lista jamás han realizado un Esquema de ordenamiento territorial (Universidad Nacional, 2021).

Del total de municipios se encuentra que 134 municipios están en proceso de actualización y 942 desactualizados conllevando a un 88% en total de municipios que han realizado los instrumentos de planificación, pero se han quedado en varias etapas las cuales no han permitido el avance significativo (Universidad Nacional, 2021).

Por lo anterior es importante mencionar que si la mayoría de municipios se encuentran desactualizados no están abarcando todos los componentes que contiene un Plan de Ordenamiento y que esto a su vez afecta el desarrollo adecuado de un municipio, contemplando el componente ambiental de gran importancia debido a que estos cambios se presentan de manera desordenada en un municipio afectando los recursos naturales, el ecosistema, la biodiversidad y calidad del aire. Si un municipio se urbaniza en su totalidad demanda población que en aumento requiere de servicio vital como el agua, recurso el cual en muchos municipios no se encuentra en su totalidad, como también las redes de acueducto y alcantarillado conllevando a problemas ambientales en temas de saneamiento y contaminación de fuentes hídricas y del suelo.

Existen municipios que en la actualidad no cuentan con una Planta de tratamiento de agua potable y Plantas de tratamiento de agua residual, estos municipios deben abastecerse de acuíferos, aguas subterráneas; llamados por la comunidad aljibes; pozos de agua que la población adecua en su residencia por medio de una perforación profunda en el suelo y que no tienen un tratamiento adecuado y óptimo para el consumo humano. (Universidad Nacional, 2021).

Es importante resaltar que aquellos municipios, que se encuentra desactualizados fundamentalmente en el tema ambiental inciden en conflictos en el territorio debido a que conlleva inicialmente a no tener planes de emergencia en caso de zona de amenazas o riesgo por desastres naturales, garantizar los recursos ambientales del municipio, aumentar el riesgo y vulnerabilidad de la biodiversidad existente en los ecosistemas del territorio. Siendo importante

este componente ambiental para contextualizar otros componentes de los POT e integrar de la mejor forma el desarrollo de un municipio sin presentar alteraciones y cambios drásticos en el ambiente.

7. MARCO REFERENCIAL

Se presenta inicialmente el marco normativo el cual detalla los instrumentos legales analizados y aplicativos a la investigación. De igual forma, se presenta el área de estudio del Municipio de La Calera (Cundinamarca), áreas y división política, usos del suelo e hidrología.

7.1 Marco Normativo

Se entiende como instrumentos legales, aquellas herramientas realizadas y dirigidas por entidades gubernamentales, las cuales permiten tomar decisiones a nivel nacional, departamental, regional y local. Instrumentos representados por leyes, decretos o resoluciones, programas o planes de planificación.

En Colombia principalmente como instrumento legal se presenta la Constitución Política de Colombia y Leyes de ordenamiento territorial. Como también la Ley 9 de 1989; Planes de desarrollo municipal, Ley 99 de 1993; Reconoce el Ministerio de ambiente y el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y Ley 388 de 1997; Ordenamiento del territorio municipal, entre otros. Estos instrumentos constituyen la toma de decisiones en el marco jurídico para el desarrollo sostenible.

La Ley 388 de 1997, comprende los planes de ordenamiento territorial donde se denominan y nombran a partir del número de habitantes (Congreso C. , 1997). Por otro lado, se presentan planes de Desarrollo Municipal, herramienta para la elaboración de programas y planes según presupuesto del municipio durante el periodo de gobierno del alcalde en gestión,

adoptado también al POT municipal. Se conoce como instrumentos de planificación los POMCAS, Planes de Manejo y Ordenamiento de una Cuenca, “*por el cual se realiza la planeación del uso del suelo, de aguas, flora y fauna, y manejo de la cuenca*” (Minambiente, 2013). Según Resolución 1907 (2013), los POMCA se “*establecen y formulan por medio de la guía técnica para la formulación de los planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas*” (Minambiente, 2013).

7.1.1 Plan Básico Ordenamiento Territorial La Calera Cundinamarca

La Calera Cundinamarca comprende el instrumento de planeación el Plan Básico de Ordenamiento Territorial, el cual se ajusta para el año 2018 – 2019. Según último censo del Dane en el 2018 el municipio de Calera registro que la población es de 28.501 habitantes y la proyección en el PBOT informa que desde el año de 1985 hasta el 2020 la población del municipio ha tenido un crecimiento significativo, por ende se acoge el PBOT como estrategia de Planeación para realizar proyectos que estén acordes al aumento de habitantes en el municipio, urbanizaciones nuevas, viviendas campestres, cambios en el uso del suelo, entre otro cambios (Alcaldía La Calera, 2018).

El municipio de La Calera contempla como estrategia para el PBOT; Políticas ambientales definidas como el “*Conjunto de acciones administrativas y de planeación física orientada al desarrollo del territorio municipal (urbano y rural)*” (Alcaldía La Calera, 2018), objetivos ambientales los cuales “*Definen y permiten la movilización de los fines territoriales que el municipio asumen en el PBOT*” (Alcaldía La Calera, 2018) y estrategias territoriales definidas como el “*Conjunto de actuaciones que asegura el cumplimiento de los objetivos y conlleva a resolver las problemáticas del municipio*” (Alcaldía La Calera, 2018), todo lo anterior como complemento para tal fin de cumplir con la visión propuesta que plantean en el PBOT, a

continuación, se presenta un esquema contextual y concreto sobre el componente estratégico del municipio con respecto al tema ambiental (Alcaldía La Calera, 2018).

Tabla 3. Política de medio ambiente PBOT Calera Cundinamarca.

POLITICA	DETALLE
POLITICA DE MEDIO AMBIENTE	Prevalecer la estructura ecológica principal y la ejecución de acciones de preservación y protección para el uso sostenible del suelo, enfocado en la mejora de la calidad de vida de la población (Alcaldía La Calera, 2018).
	Incluir la participación de la población en la política ambiental fortaleciendo los servicios ambientales.
	Fortalecer las prácticas de conservación, suelos de protección para el buen desarrollo y uso (Alcaldía La Calera, 2018).
	Laborar en el mejoramiento de la disposición inadecuada de los residuos sólidos, enfocado principalmente en el sector rural, vertimiento puntual de aguas residuales domésticas, urbanas y rurales, vertimiento difuso de actividades agropecuarias y comerciales (Alcaldía La Calera, 2018).
	Promover la identificación y valoración del territorio en el concepto ambiental y modelos económicos sostenibles (Alcaldía La Calera, 2018).
	Con la cuenca del río Teusacá; comprender y aplicar lo ordenado en la sentencia 200190479 del Consejo de Estado del 28 de marzo 2014 con todo lo referente a las ordenes 4.18, 4.23, 4.24, 4.25, articulado con el POMCA del Río Bogotá (Alcaldía La Calera, 2018).
	Con la cuenca de los ríos Blanco, Negro y Guayuriba articular todo con respecto al POMCA (Alcaldía La Calera, 2018).

Nota: La Tabla No. 3 muestra las políticas de medio ambiente propuestas en el PBOT de la Calera (Cundinamarca).
Fuente: Elabora autor, base de información (Alcaldía La Calera, 2018)

Tabla 4. Objetivos ambientales PBOT Calera Cundinamarca.

OBJETIVOS	ESTRATEGIAS		
OBJETIVO 1: Certificar la oferta de los servicios ambientales, recursos naturales y la estructura ecológica principal (Alcaldía La Calera, 2018).	Control expansión frontera agrícola y ganadera en los suelos de protección (Alcaldía La Calera, 2018).	Identificar áreas de manejo de recursos naturales y zonas de protección especial (Alcaldía La Calera, 2018).	Identificar zonas donde se requiera procesos de reforestación con respecto a la protección. (Alcaldía La Calera, 2018).
	Conservación y recuperación de los recursos hídricos (Alcaldía La Calera, 2018).	Fomentar el ecoturismo sostenible (Alcaldía La Calera, 2018)	Planes de manejo de las áreas protegidas (Alcaldía La Calera, 2018).
	Implementar proyectos con respecto a servicios ambientales (Alcaldía La Calera, 2018).	Acogerse a la prohibición de la minería en suelos de protección (Alcaldía La Calera, 2018).	
OBJETIVO 2: Disminuir los impactos urbanos sobre el recurso hídrico	Implementación y ejecución del PMAA y PTAR (Alcaldía La Calera, 2018).	Planes parciales en la optimización en el sistema de conducción y tratamiento de aguas residuales (Alcaldía La Calera, 2018).	Obras de separación de aguas lluvias y residuales en el casco urbano principal (Alcaldía La Calera, 2018).
	Implementación de los PSMV (Alcaldía La Calera, 2018).	Implementación y mantenimiento del sistema de tratamiento de agua en las viviendas campesinas (Alcaldía La Calera, 2018).	Revisión tratamiento de las aguas residuales en las viviendas campesinas (Alcaldía La Calera, 2018).
OBJETIVO 3: Disminuir conflictos del suelo	Infraestructura para el aprovechamiento y transferencia de residuos sólidos (Alcaldía La Calera, 2018).	Generar normas para el uso de materiales; manejo y disposición de escombros (Alcaldía La Calera, 2018).	
OBJETIVO 4: Fortificar la estructura ecológica principal (EEP) (Alcaldía La Calera, 2018)	Implementar proyectos en el área urbana que permitan la articulación e integren la EEP (Alcaldía La Calera, 2018).	Conservación del patrimonio natural y paisajístico (Alcaldía La Calera, 2018).	Restauración de áreas degradadas por las actividades mineras (Alcaldía La Calera, 2018).
	Implementación de usos en la apropiación pública sostenible (Alcaldía La Calera, 2018).	Establecer zonas verdes (Alcaldía La Calera, 2018).	Consolidación del sistema de espacio público conectado a la EEP del municipio (Alcaldía La Calera, 2018).
OBJETIVO 5: Ordenamiento del recurso hídrico (Alcaldía La Calera, 2018).	Adopción de los planes de manejo ambiental para las microcuencas (Alcaldía La Calera, 2018).	Plan de recuperación, restauración y manejo de ríos y quebradas las cuales hacen parte del río Bogotá (Teusacá) (Alcaldía La Calera, 2018).	

Nota: La Tabla 4 informa los objetivos ambientales declarados en el PBOT la Calera. Fuente: Elabora autor, información (Alcaldía La Calera, 2018)

Tabla 5. Políticas y Objetivos Servicios públicos.

POLITICAS	DETALLE
POLITICA SERVICIOS PÚBLICOS	Consolidación de servicios públicos, Garantizar el mantenimiento de las redes y la infraestructura actual, ampliando la cobertura y necesidades de la población (Alcaldía La Calera, 2018).
	Garantizar la infraestructura y cobertura para los habitantes principalmente en el área rural para la prestación de servicios públicos y saneamiento básico óptimos (Alcaldía La Calera, 2018).
	Ordenar y controlar los sistemas de tratamiento de aguas residuales, gestión de los residuos sólidos, disponibilidad y acceso al agua (Alcaldía La Calera, 2018).
OBJETIVOS	DETALLE
Objetivo: Garantizar el acceso a servicios públicos para el municipio	Construcción y ampliación de las redes de servicios públicos (Alcaldía La Calera, 2018).
	Mantenimiento de las redes de servicios públicos actuales (Alcaldía La Calera, 2018).
	Adopción de planes de manejo (Alcaldía La Calera, 2018).
	Acceso de servicios públicos de los habitantes que no habitan en el casco urbano (Alcaldía La Calera, 2018).
	Promover sistemas urbanos de drenaje sostenible (Alcaldía La Calera, 2018).

Nota: La Tabla 5 informa los objetivos y políticas de los servicios públicos declarados en el PBOT la Calera.
Fuente: Elabora autor, información (Alcaldía La Calera, 2018)

7.1.2 Plan de Manejo de la Cuenca del río Teusacá

Según el POMCA registrado por Ecoforest 2013 de la no existe actualización vigente en el año 2021 de este documento, el ultimo ajuste se realizó en el año 2013, documento el cual se encuentra publicado en la página de la Corporación autónoma regional de Cundinamarca (CAR). Este documento es hasta el momento el único informe referente al Plan de Manejo de la Cuenca del río Teusacá.

En este documento se realizó el análisis de diferentes parámetros de calidad del agua superficial entre los años 2002 y 2006. Se tomaron registros y toma de datos de 8 puntos de monitoreo, los cuales fueron los siguientes (Ecoforest, 2013).

Tabla 6. Puntos de monitoreo Río Teusacá 2002 - 2006.

Punto	X	Y	Fuente	Localización	2002	2003	2004	2005	2006
1	1009026	1009081	Río Teusacá	Estación puente Francisco		X		X	X
2	1013134	1014320	Río Teusacá	Antes de vertimiento PTAR de La Calera				X	
3	1014033	1014204	A. residual	Descarga PTAR La Calera			X	X	
4	1014033	1014270	Río Teusacá	Después de la descarga de la PTAR				X	
5	1013450	1019862	Río Teusacá	Estación La Cabaña		X		X	X
6	1012767	1032343	Río Teusacá	Puente Adobes				X	
7	1014232	1034856	A. residual	Descarga PTAR Sopo			X	X	
8	1010505	1037736	Río Teusacá	Estación Parque Sopo	X	X		X	X

Nota: La Tabla 6 evidencia información con respecto a los puntos de monitoreo analizados en los años 2002 y 2006. Fuente: Elabora autor, información (Ecoforest, 2013)

Posterior a realizar el monitoreo en cada uno de los puntos georreferenciados a cargo de los programas “*Calidad de agua río Bogotá, tasas retributivas de la CAR y modelación de la calidad de agua del río Bogotá de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) – Universidad de los Andes*”, analizaron y evaluaron el índice de calidad del agua (ICA) según los estándares del IDEAM (Ecoforest, 2013).

Los resultados en esa época y en el monitoreo que realizaron determinaron que en la estación puente Francisco y cabaña la señal de alarma era buena y en la estación puente adobes y parque de Sopo la señal de alarma era Media, es decir, a medida que transcurría el curso del río desde la cuenta alta disminuyó el nivel de calidad de agua (Ecoforest, 2013). Teniendo en cuenta que este estudio de monitoreo es uno de los últimos en ser evaluado de manera general no se compara con la situación actual del río y por ende es necesario realizar con frecuencia este tipo de monitoreos.

7.1.3 Plan de Manejo de la Cuenca del Río Bogotá

La cuenca del Río Bogotá se ubica en el Departamento de Cundinamarca, comprende 589.465,532 Hectáreas y se encuentra distribuido en 47 municipios (CAR, 2018). La Cuenca del Río Bogotá se conforma de 19 subcuencas las cuales se ubican desde la parte alta de la cuenca, central y baja en el Departamento de Cundinamarca. A continuación, mencionamos las subcuencas que la integran (CAR, 2018).

Tabla 7. Subcuencas Río Bogotá.

No.	NOMBRE	CAUCE PRINCIPAL
1	Río Bajo Bogotá	Río Bogotá
2	Río Calandaima	Río Calandaima
3	Río Medio Bogotá (Sector Salto - Apulo)	Río Bogotá
4	Río Bogotá (Sector Soacha - Salto)	Río Bogotá
5	Embalse del Muña	Río Muña
6	Río Tunjuelo	Río Tunjuelo
7	Río Bogotá (Sector Tibitoc - Soacha)	Río Bogotá
8	Río Teusacá	Río Teusacá
9	Embalse Tominé	Río Tominé (Río Siecha)
10	Embalse del Sisga	Río Sisga (Río San Francisco)
11	Río Alto Bogotá	Río Funza (Río Bogotá)
12	Río Bogotá (Sector Sisga - Tibitoc)	Río Bogotá
13	Río Neusa	Río Neusa
14	Río Frío	Río Frío
15	Río Balsillas	Río Balsillas
16	Río Apulo	Río Apulo
17	Río Soacha	Río Soacha
18	Río Negro	Río Negro
19	Río Chicú	Río Chicú

Nota: La Tabla 7 muestra las subcuencas del Río Bogotá según su cauce principal. Fuente: Elabora autor, información (CAR, 2018)

La cuenca del río Bogotá comprende microcuencas hidrográficas determinadas a partir de la identificación de los principales tributarios para cada una de las subcuencas. Las microcuencas que se delimitaron son 129 relacionadas con la subcuenca Teusaca (CAR, 2018).

7.1.4 Calidad del agua (Río Bogotá)

Con relación a la calidad del agua, dentro del POMCA de Bogotá se menciona lo correspondiente a la red de calidad hídrica de la Corporación autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), en la extensión de la cuenca del río Bogotá enfocada en realizar dos campañas de monitoreo anuales que se presenta en épocas de lluvias altas y bajas. Esta red de monitoreo abarca 81 puntos, 43 puntos ubicados en la corriente principal, 22 en arroyos y 16 en los vertimientos. En los monitoreos se toman muestras para el análisis de parámetros físico, químico y bacteriológico. Estos parámetros luego se analizan a partir de los estándares del IDEAM (CAR, 2018).

Se determinan tres tramos para la revisión y seguimiento de la red de calidad hídrica de la CAR con el río Bogotá. Con relación al río Teusacá analizan la estación 31 (1008465 Norte – 1038475 Este), determinando que la subcuenca del río Teusacá es uno de los afluentes que presentan descargas contaminantes y alteración al Río Bogotá (CAR, 2018).

7.1.5 Ley 134 de 1994; Mecanismos Participación Ciudadana

Con respecto a la participación ciudadana existen formas de participar y ejercer los derechos que le corresponden a los ciudadanos, según La Ley 134 de 1994; Detalla los Mecanismos de Participación Ciudadana como *“Regula la iniciativa popular legislativa y normativa, el referendo, la consulta popular; Orden nacional, departamental, distrital, municipal y local, revocatoria del mandato; el plebiscito y el cabildo abierto”* (Congreso d. l., 1994).

En la constitución Política de Colombia de 1991 se mencionan los derechos colectivos y del ambiente; *“El derecho a un ambiente sano, protección del medio ambiente, conservación de*

la ecológica y aprovechamiento de los recursos naturales garantizando su desarrollo sostenible” (Colombia R. d., 1991).

Comprendiendo el concepto de participación ciudadanía como parte de La Ley y de los derechos de las personas que hacen parte de Colombia es importante entender el funcionamiento e importancia que toma la labor que realizan los sensores ciudadanos en el Programa del río Teusacá. El interés de proteger y conservar el río Teusacá se fundamenta en la importancia que ellos toman como colombianos en tener derecho a un ambiente sano, tener sentido de pertenencia y apropiación del territorio donde habitan protegiendo su ecosistema.

7.2 Área de estudio – Municipio La Calera (Cundinamarca)

7.2.1 Localización

El Municipio de la Calera (Cundinamarca) se localiza en el oriente del departamento Cundinamarca (Ilustración 7), provincia del Guavio, latitud $40^{\circ}43'17''$ y longitud $73^{\circ}58'20''$; La cabecera municipal se localiza a 16 km de la ciudad de Bogotá D.C. (Alcaldía La Calera, 2018).

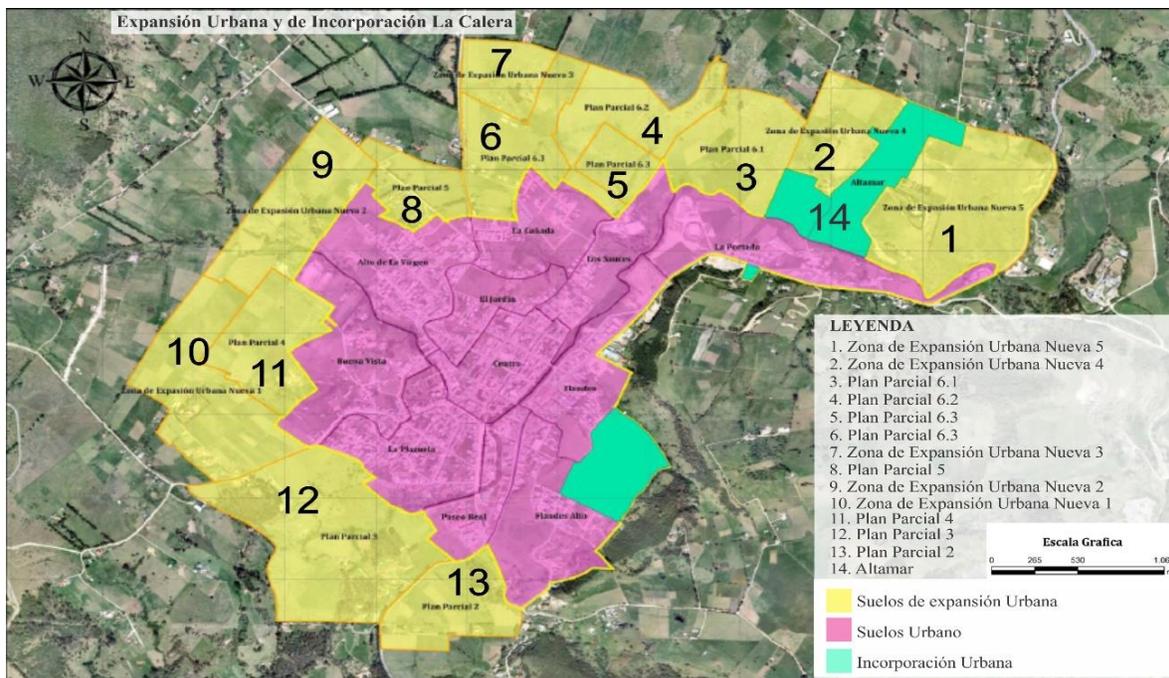
La Calera (Cundinamarca), limita en la zona norte con el municipio de Sopo y Guasca, conectando con una pequeña parte de Chía, en la zona sur con el municipio de Choachí y Bogotá D.C., al oriente con el municipio de Guasca y Fómeque, y en la zona del occidente con la ciudad de Bogotá D.C, más exactamente localidad de Usaquén y Chapinero (Alcaldía La Calera, 2018).

Se presenta diferencias en los límites oficiales del municipio en comparación con la cartografía del IGAC, con el Municipio Guasca; sin embargo no está declarado de manera oficial la delimitación (Alcaldía La Calera, 2018).

7.2.2 División Político administrativa

El municipio de La Calera (Cundinamarca) se conforma de 30 veredas las cuales comprenden un área de 32.609,24 hectáreas, la división política urbana se encuentra dividida en 12 barrios, el cual comprende 171,21 Ha en la totalidad del casco urbano (Alcaldía La Calera, 2018). En la figura 9, se observa la distribución con respecto a la expansión urbana según el PBOT de la Calera (2018) el municipio comprende 149, 43 Ha en el perímetro urbano principal, zonas de expansión urbana que comprenden un área de 190,45 Ha y zonas de incorporación con un área de 21,79 Ha.

Figura 9. Expansión Urbana y de Incorporación La Calera.



Nota: La Figura 9 muestra la expansión urbana y de incorporación declarados en el PBOT La Calera. Fuente: Elabora autor, información (Alcaldía La Calera, 2018).

Los Barrios Flandes y Flandes Alto presento una incorporación urbana, el Barrio la portada y actualmente como se evidencia el Barrio Altamar. Por otro lado, presenta 13 zonas de

suelo de expansión urbana; Plan parcial 2 en límites de los barrios Flandes Alto y Paseo Real, Plan parcial 3 en límites de los Barrios Paseo Real y La Plazuela, Zona de Expansión Urbana Nueva 1 en límites del Barrio Buena Vista, Plan parcial 4 en los límites del Barrio Buena Vista, Zona de Expansión Urbana Nueva 2 en límites de los Barrios Buena Vista y Barrio del Alto de la Virgen, Plan parcial 5 en límites del barrio alto de la Virgen, Plan parcial 6.3 en límites del barrio La Cañada, Zona urbana Nueva 3, plan parcial 6.2 en límites del barrio La Cañada, plan parcial 6.3 en límites del barrio los sauces, plan parcial 6.1 en límites del barrio la portada, Zona de expansión Urbana Nueva 4 en límites de Altamar y la Zona de expansión urbana Nueva 5 en límites del barrio la portada (Alcaldía La Calera, 2018).

7.2.3 Usos del suelo rural

El Municipio de la Calera comprende como usos del suelo rural dos categorías principales y estos a su vez en Subcategoría, Sub – categoría, detallando su uso principal; Categoría 1; Protección en el suelo rural y la Categoría 2; Desarrollo restringido en suelo rural (Alcaldía La Calera, 2018).

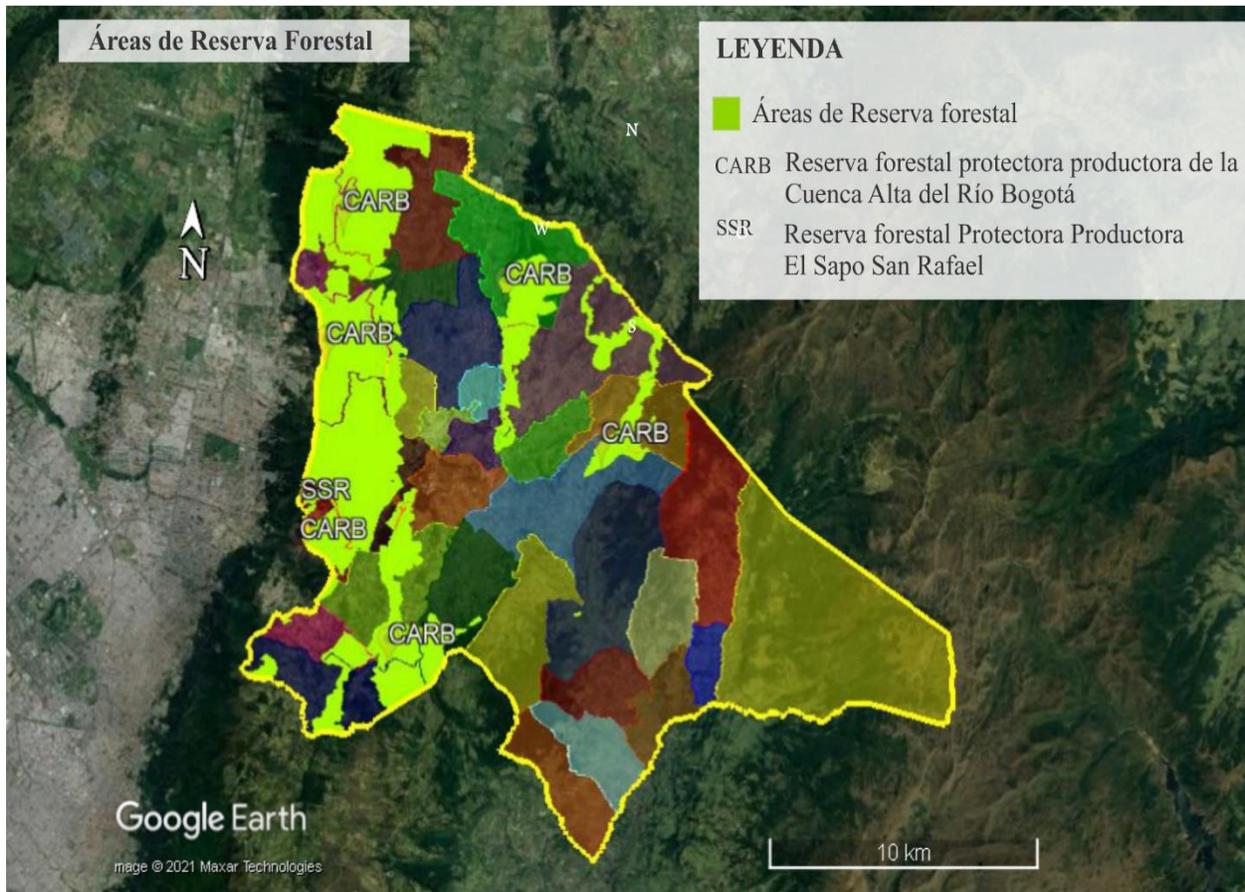
❖ Categoría 1: Protección Suelo Rural

El municipio de La Calera Cundinamarca comprende un área de 28.123,35 Ha de zona de protección de suelo rural. (Alcaldía La Calera, 2018). Las zonas de protección se relacionan con áreas como Agropecuario Intensivo, Agropecuario Tradicional/Agropecuario semiintensivo, Especial importancia Ecosistémica, Reserva Forestal, Sistema Nacional de Áreas Protegidas, Sistema de servicios Públicos Domiciliarios, Inmuebles considerados como patrimonio cultural y Amenaza y Riesgo (Alcaldía La Calera, 2018).

➤ **Área de Reserva Forestal**

El municipio de La Calera cuenta con áreas de reserva forestal como uso principal como se evidencia en la figura 12. Zonas de área de reserva forestal protectora productora de la Cuenca Alta del Río Bogotá (CARB) de 5.333,741 Ha, reserva forestal protectora productora El Sapo San Rafael (SSR) de 1.024,770 Ha y reserva Naturales de la Sociedad Civil (RNSC) de 7,141 Ha (Alcaldía La Calera, 2018).

Figura 10. *Área de Reserva Forestal*

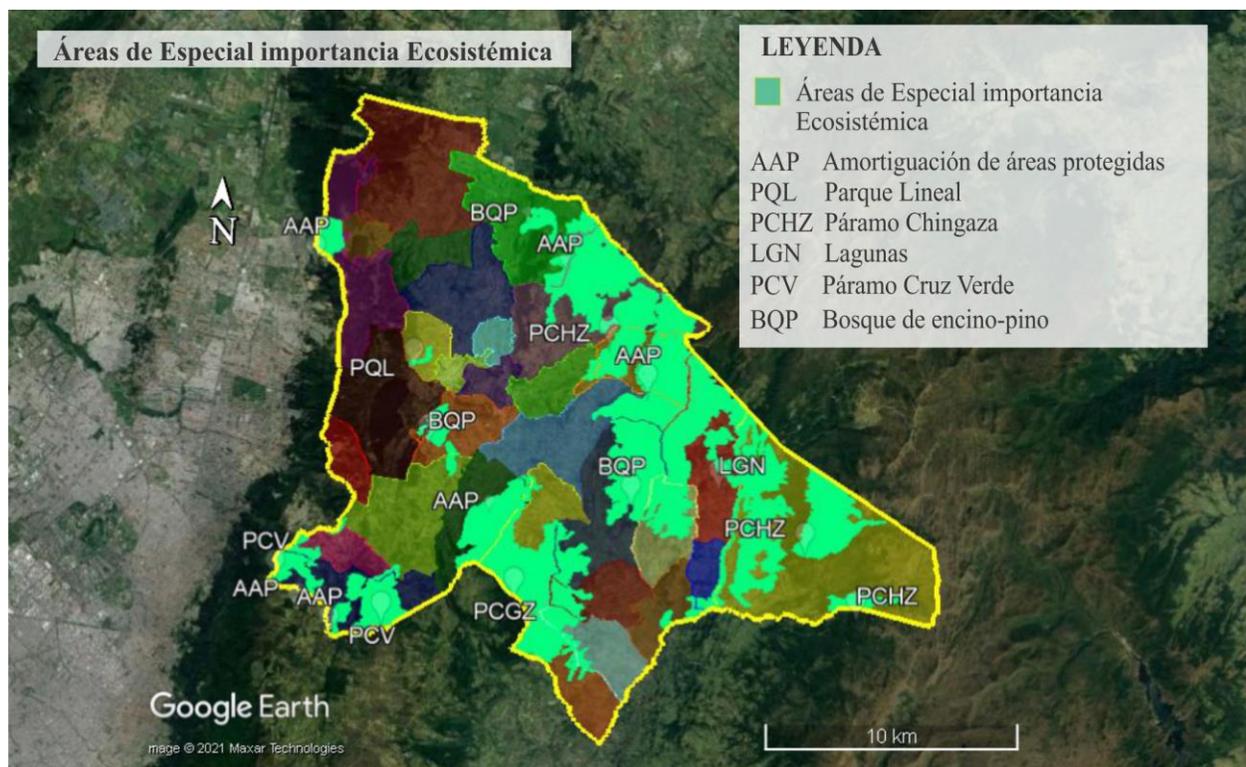


Nota: La Figura 10 muestra las zonas de áreas de reserva forestal declaradas por el PBOT de la Calera. Fuente: Elabora autor, información (Alcaldía La Calera, 2018)

➤ **Área de especial importancia ecosistémica**

El municipio de La Calera cuenta con áreas de especial importancia ecosistémica como se evidencia en la figura 13, como uso principal consideran el Páramo de Chingaza (PCGZ) de 3.031,688 Ha, el Páramo Cruz Verde (PCV) de 437,030 Ha, Amortiguación de áreas protegidas (AAP) de 2.014,958 Ha, Zona de protección Río Teusacá – Parte Alta (ART) de 167,537 Ha, Parque Lineal (PQL) de 15,801 Ha, Áreas de bosque protector (ABP) de 2.691,182 Ha, Humedales (HMD) de 7,182 Ha y Lagunas (LGN) de 15,267 Ha (Alcaldía La Calera, 2018).

Figura 11. Área especial importancia ecosistémica.

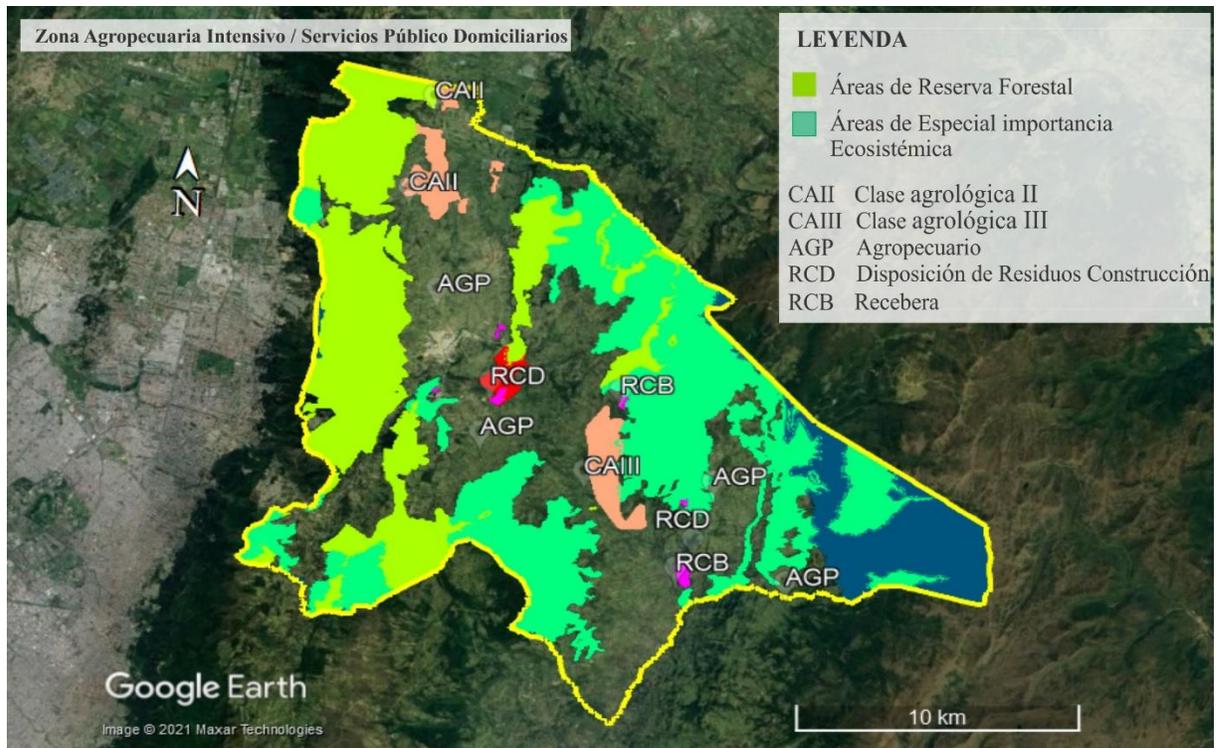


Nota: La Figura 11 muestra las zonas de áreas de especial importancia ecosistémica declaradas por el PBOT de la Calera. Fuente: Elabora autor, información (Alcaldía La Calera, 2018)

➤ **Zona Agropecuaria Intensivo/Tradicional y Semiintensivo y Servicios públicos domiciliarios**

El municipio de La Calera cuenta con áreas para la producción agrícola ganadera y de explotación de recursos naturales las cuales se subcategorizan en Agropecuario intensivo/Semiintensivo/Tradicional como se observa en la figura 14, como uso principal se presentan zonas de clase agrológica II (CAII) con 422,718 Ha, zonas de clase agrológica III (CAIII) con 448,795 Ha y Agropecuario (AGP) con 9.997,954 Ha (Alcaldía La Calera, 2018). De igual forma cuenta con áreas del Sistema de Servicios públicos domiciliarios; Disposición de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) de 21,835 Ha, de 1,539 Ha, Recebara (RCB) de 46,074 Ha, Reserva para infraestructuras de Servicios Públicos (RISP) de 3,859 Ha y la Planta de tratamiento de aguas residual (PTAR) de 2,238 Ha (Alcaldía La Calera, 2018).

Figura 12. Zona Agropecuaria – Servicios Públicos Domiciliarios.

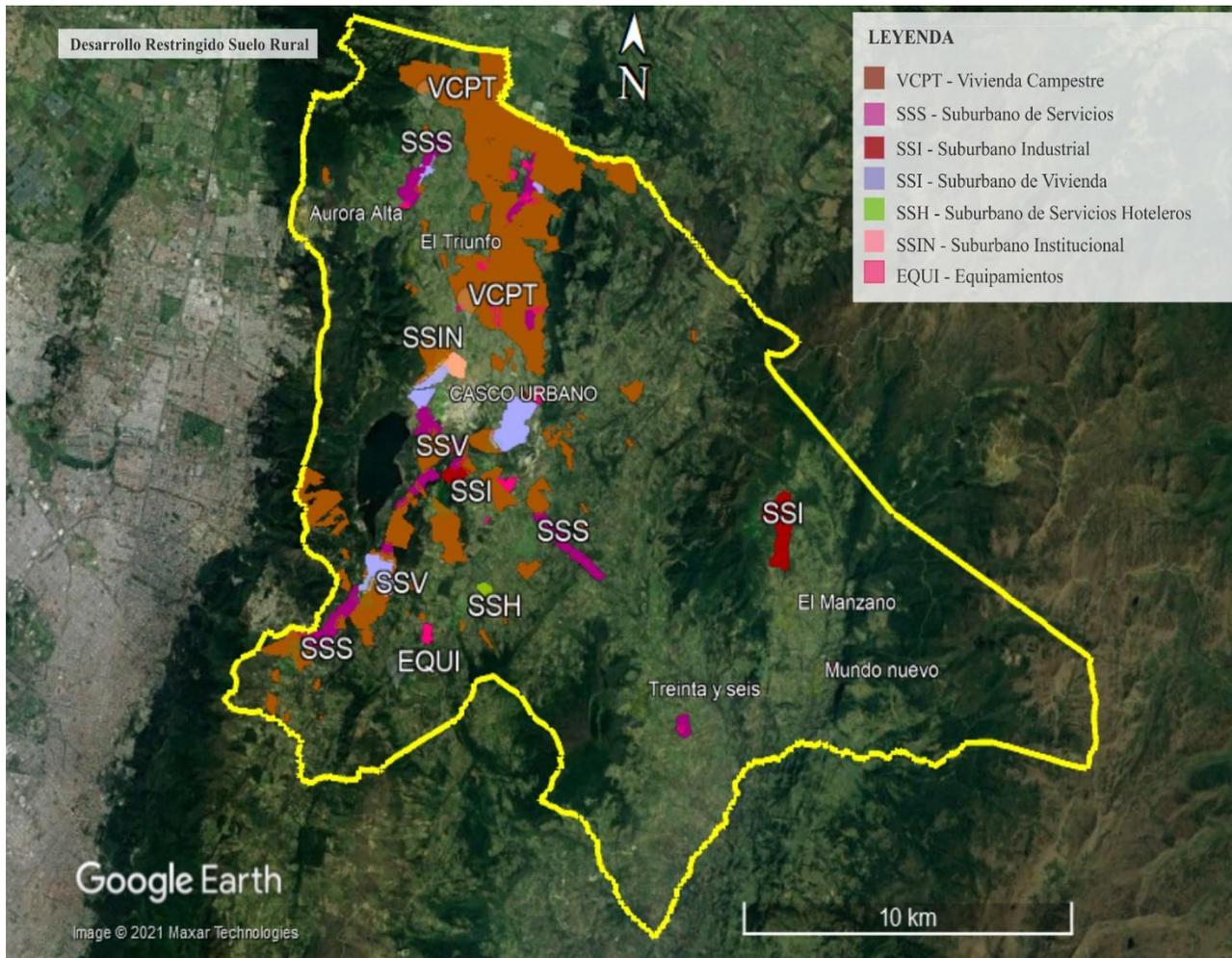


Nota: La Figura 12 muestra las Zonas Agropecuarias y Servicios Públicos Domiciliarios declaradas por el PBOT de la Calera. Fuente: Elabora autor, información (Alcaldía La Calera, 2018)

❖ Categoría 2: Desarrollo restringido en suelo rural

El municipio de La Calera Cundinamarca comprende un área de desarrollo restringido en suelo rural comprendiendo un área de 3.714,54 Ha (Alcaldía La Calera, 2018). En esta categoría se integran los usos del suelo de vivienda campestre (VCPT) que comprende un área de 2.688,77 y los equipamientos (EQUI) que comprenden un área de 176,19 Ha (Figura 18) (Alcaldía La Calera, 2018).

Figura 13. Desarrollo restringido en el suelo rural.



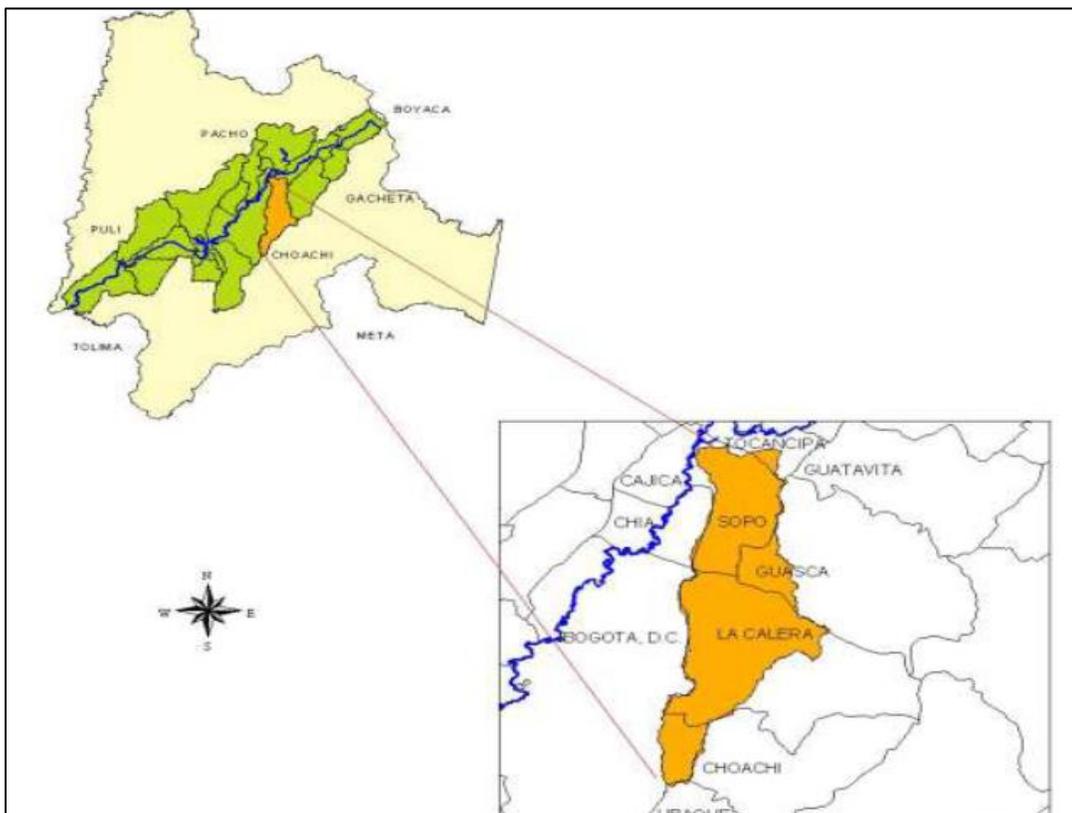
Nota: La Figura 13 muestra las Zonas de Vivienda Campestre, Equipamientos, Suelos Suburbanos y Centros poblados declaradas por el PBOT de la Calera. Fuente: Elabora autor, información (Alcaldía La Calera, 2018)

El desarrollo restringido en el suelo rural comprende Suelos suburbanos; Suburbano Industrial (SSI) de 113,92 Ha, Suburbano Institucional (SSIN) de 27,33 Ha, Suburbano de Servicios (SSS) de 308,40, Suburbano de vivienda (SSV) de 234,56 Ha y Suburbano de servicios hoteleros (SSH) de 8,94 Ha. En esta categoría se integran también los Centros poblados (La Capilla, El Manzano, Mundo Nuevo, Treinta y seis, Aurora Alta y el Triunfo) representados en la figura 17 (Alcaldía La Calera, 2018).

7.2.4 Subcuenca Río Teusacá y quebradas

La localización se enfoca en la jurisdicción compartida con los municipios de Sopó, Chía, Choachí, Ubaque, La Calera, Guasca, Tocancipá y el Distrito Capital (Alcaldía La Calera, 2018).

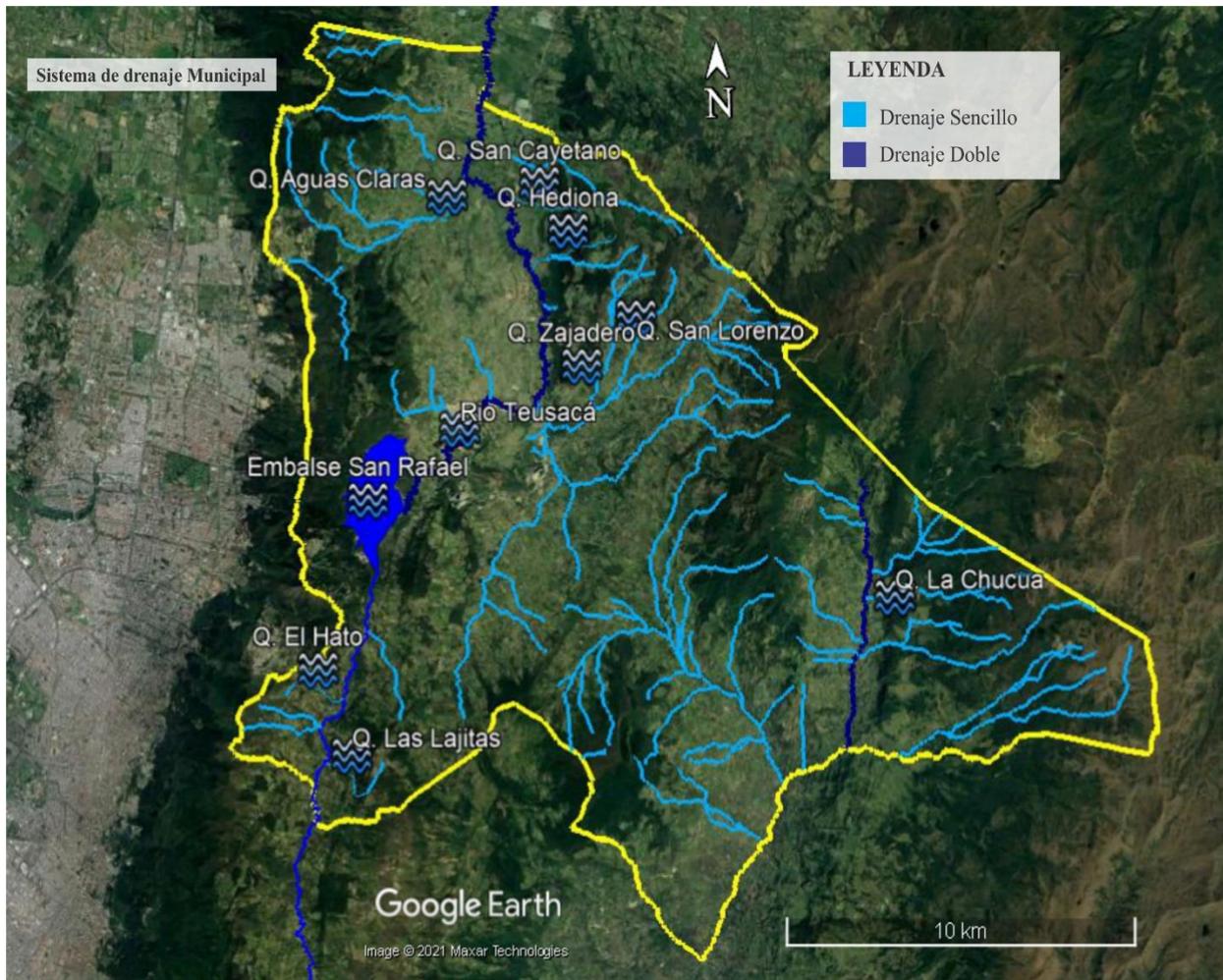
Figura 14. Ubicación Subcuenca rio Teusacá



Nota: La Figura 14 muestra la localización de la subcuenca del rio Teusacá. Fuente: (Ecoforest, 2013)

El área total del Rio Teusacá comprende 35.818 ha, equivalente al 86% a la zona de montaña y 14 % la zona plana la cual se ubica en el Valle de Sopó, el cauce principal tiene una longitud de 69 km. Quebradas como; Aguas claras, San Cayetano, Hediona, El Hato, Las Lejanías, San Lorenzo que desembocan en el río. El Rio Teusacá tiene su mayor extensión en el municipio de La Calera, ocupando un total de 19.011 ha, extendido en el casco urbano y las áreas de expansión como se observa en la figura 19. (Alcaldía La Calera, 2018).

Figura 15. Sistema de drenaje Municipal



Nota: La Figura 15 muestra el sistema de drenaje sencillo y doble relacionado en el PBOT de la Calera. Fuente: Elabora autor, información (Alcaldía La Calera, 2018)

7.2.5 Topografía y Pendientes

La subcuenca del Río Teusacá comprende un área de 358 km², altitudes entre los 2600 y 3200 msnm. La subcuenca consta de una altitud media alrededor de los 2850 msnm, tiene relieves montañosos con un área total de 63.3%. En la zona centro occidental de la subcuenca se encuentra el Embalse de San Rafael con un área aproximadamente de 287 Ha (Ecoforest, 2013).

7.2.6 Climatología

Se define como clima la caracterización de las condiciones de la atmosfera y los cambios variables de una misma zona. Se relaciona con la precipitación, la temperatura, humedad relativa y brillo solar. Constituyentes que lo pueden afectar tales como la pendiente, la altitud, la cobertura vegetal y formas de relieve. (Ecoforest, 2013).

El municipio de La Calera, según el análisis y diagnóstico del PBOT realiza dos metodologías para la determinación y análisis de parámetros, siendo precipitación y temperatura media y mínima mensual, brillo y radiación solar, humedad relativa, evaporación medio mensual, velocidad y dirección del viento. (Alcaldía La Calera, 2018).

- **Precipitación:** En el municipio de la Calera registra un rango entre 501 y 2000 mm anuales (Bimodal). (Alcaldía La Calera, 2018).
- **Temperatura:** En el municipio de La Calera, la temperatura está comprendida entre los 6 y 18°C, en el cual tiene predominancia entre los 6 y 12° en una extensión de 208.049,7 hectáreas, los cuales corresponde al 63% del municipio. En la zona noroccidental y suroccidental se registran las zonas más cálidas, las cuales corresponden a las áreas de menor elevación y menor precipitación (Alcaldía La Calera, 2018).

- **Humedad relativa:** En el municipio de La Calera se presenta una humedad relativa media mensual a una distribución constante y uniforme durante el año, con excepción del mes de julio, el cual presentan un indicador al 80%. (Alcaldía La Calera, 2018).
- **Brillo y Radiación solar:** Presenta una uniformidad durante el año, los cuales oscilan entre las 100 y 120 horas (Ecoforest, 2013).

Clasificación del clima: En la subcuenca del Teusacá prevalece en la Cuenca Alta un clima semihúmedo, en la cuenca baja es frío semiárido con una cobertura del 40% aproximadamente de área total, en la cuenca media se presenta un cubrimiento del 15% del clima frío semi húmedo y finalmente en el páramo bajo húmedo con un 5% de área en las partes altas de la subcuenca (Ecoforest, 2013).

7.5.7 Contaminación Río Teusacá

Debido a estudios anteriores la subcuenca ha presentado contaminación por vertimiento de aguas negras del municipio de la Calera y Sopo por causa de vertimientos agroindustriales y sedimentos por la erosión y lavado de arenas. La contaminación según estudios también se ha presentado por presencia de rellenos sanitarios, falta de sistema de redes de alcantarillado depositan basuras en quebradas y ríos alternos a la subcuenca. La contaminación de agua subterránea en la Subcuenca se presenta coliformes fecales y plaguicidas según estudios (Ecoforest, 2013).

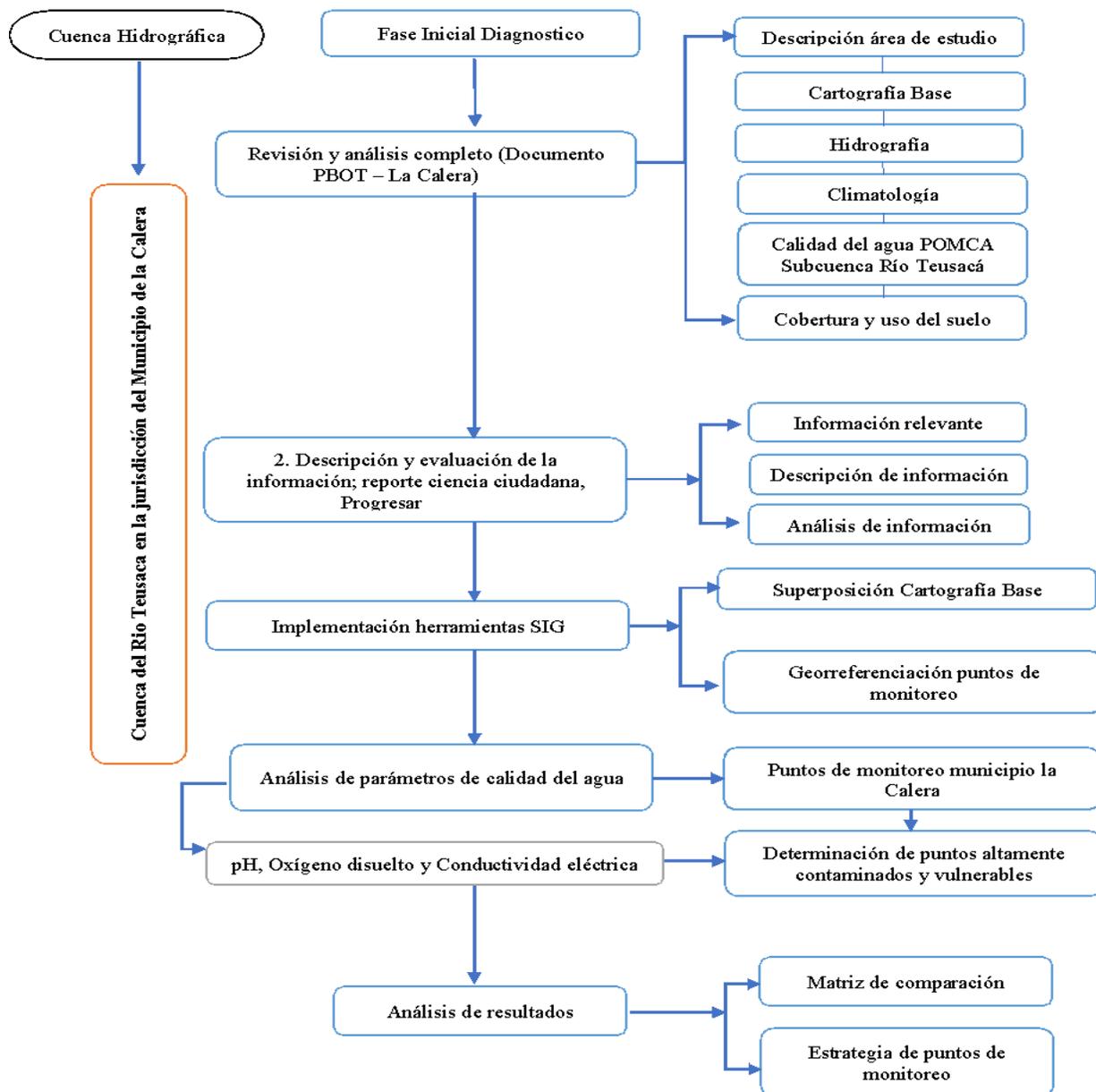
8. METODOLOGIA

El desarrollo del proyecto se realizó de forma general una fase inicial de diagnóstico sobre la calidad fisicoquímica del agua y componentes ambientales lo cual contempló la recopilación de información contenida en documentos oficiales, El PBOT de la Calera (CUN), El POMCA de la

Subcuenca del Río Teusaca y el Río Bogotá, necesaria para la implementación de la cartografía digital y superposición con las herramientas de Sistema de Información Geográfica.

Posteriormente se realizó un diagnóstico y comparación de análisis de resultados en los puntos de muestreo de los sensores ciudadanos en la jurisdicción de La Calera (Cundinamarca) con relación a los usos del suelo rural y urbano.

Figura 16. Metodología; Fuente: Elabora autor



9. ANÁLISIS Y RESULTADOS

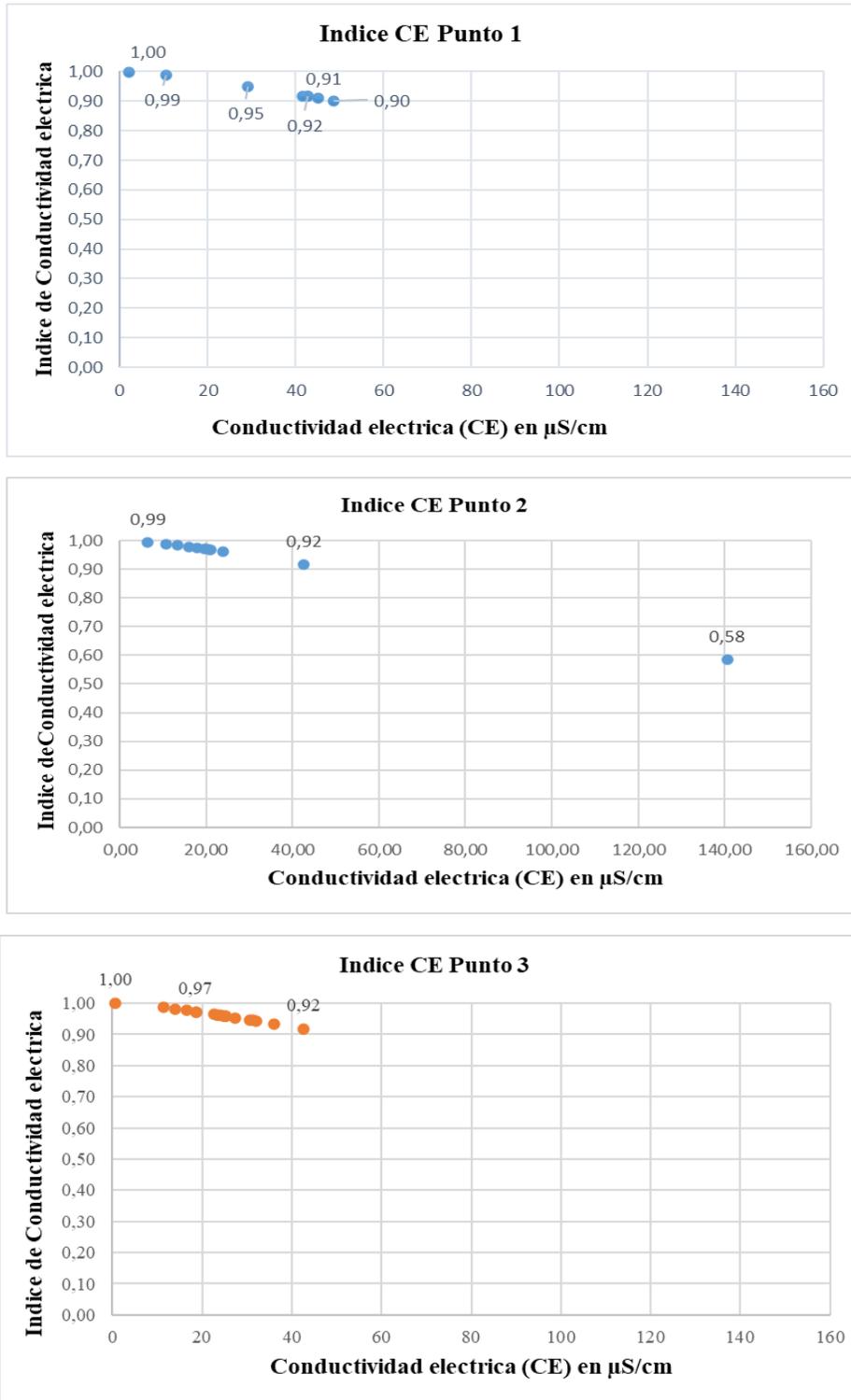
En este estudio se analizan y describen los puntos de monitoreo ubicados en la jurisdicción del municipio de La Calera (Cundinamarca), los cuales corresponden al Punto 2 (Verjón Bajo), Punto 3 (El Líbano), Punto 4 (El Salitre), Punto 5 (El Tubo), Punto 6 (Paseo Real), Punto 7 (Senderos del Teusacá), Punto 8 (La Portada), Punto 9 (Simaya), Punto 10 (Peña de las águilas), Punto 11 (El Triunfo), Punto 21 (San Cayetano). Para el análisis se evalúa de igual forma el Punto 1 (Verjón Alto) para su comparación con respecto a cambios en la Cuenca Alta y Media (Progresar, 2020).

Teniendo en cuenta el registro de datos en los puntos de monitoreo con los sensores ciudadanos, se presentan los resultados de cada uno de los parámetros que evalúa el programa; Conductividad eléctrica, pH y Oxígeno disuelto. Es importante resaltar que los datos tomados por los vigías quedan registrados con el Acueducto Progresar y para su consulta en detalle se puede solicitar su registro de monitoreo en la Página directamente (<https://progresaresp.com/la-gran-cuenca-del-rio-teusaca/>), (Progresar, 2020)

9.1 Resultados Monitoreo y análisis del Índice de Conductividad Eléctrica

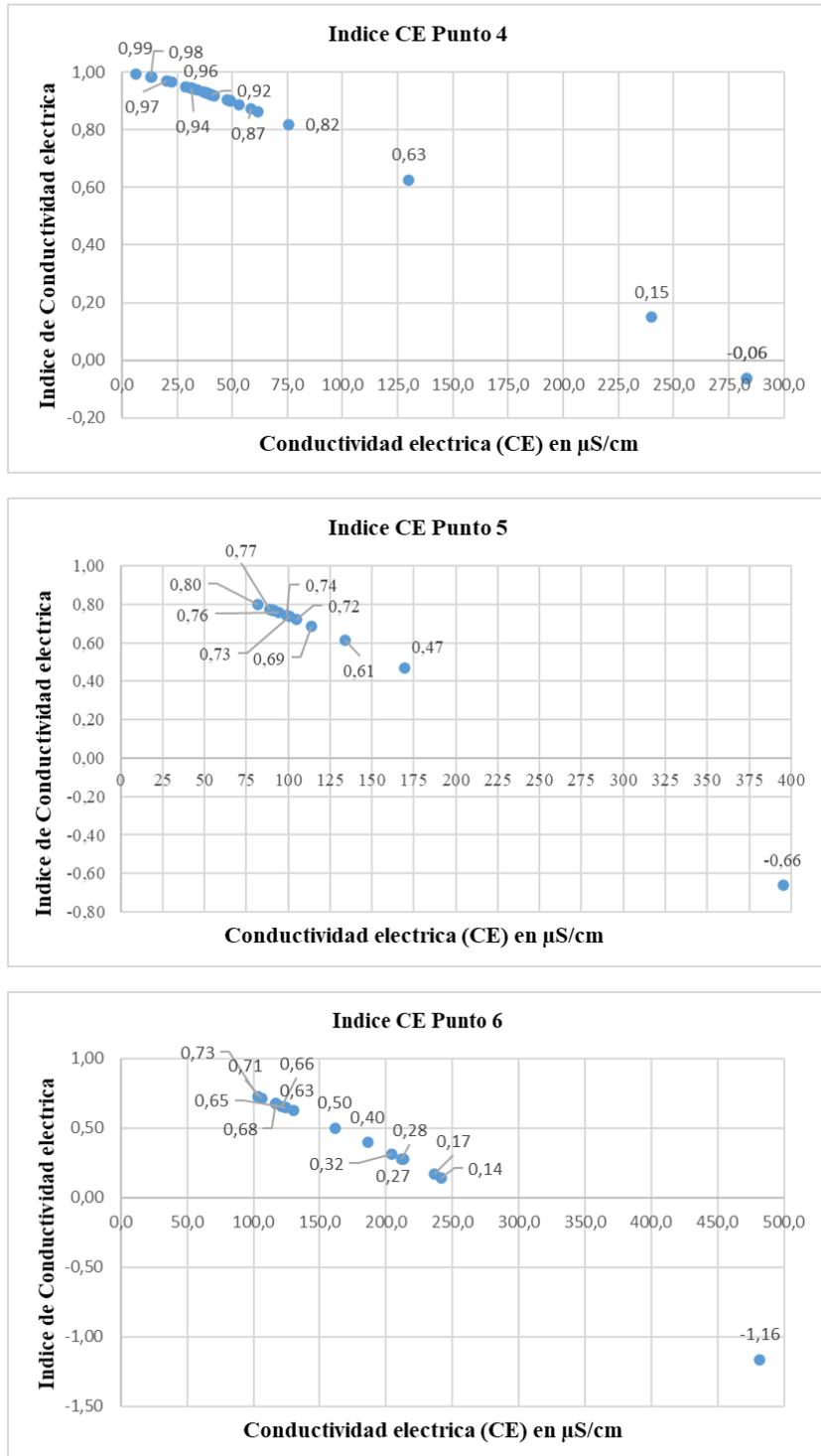
La determinación y análisis de la Conductividad eléctrica por parte del programa se evalúa según el índice de calificación por medio de la metodología del índice de calidad del agua del IDEAM. Se establece como parámetro permisible que la Conductividad eléctrica se mantenga cerca de un índice de cero o sea nulo, se resalta con el fin de comparar los resultados obtenidos a partir de los registros (IDEAM, 2013).

Figura 17. índice CE, Puntos 1,2 y 3.



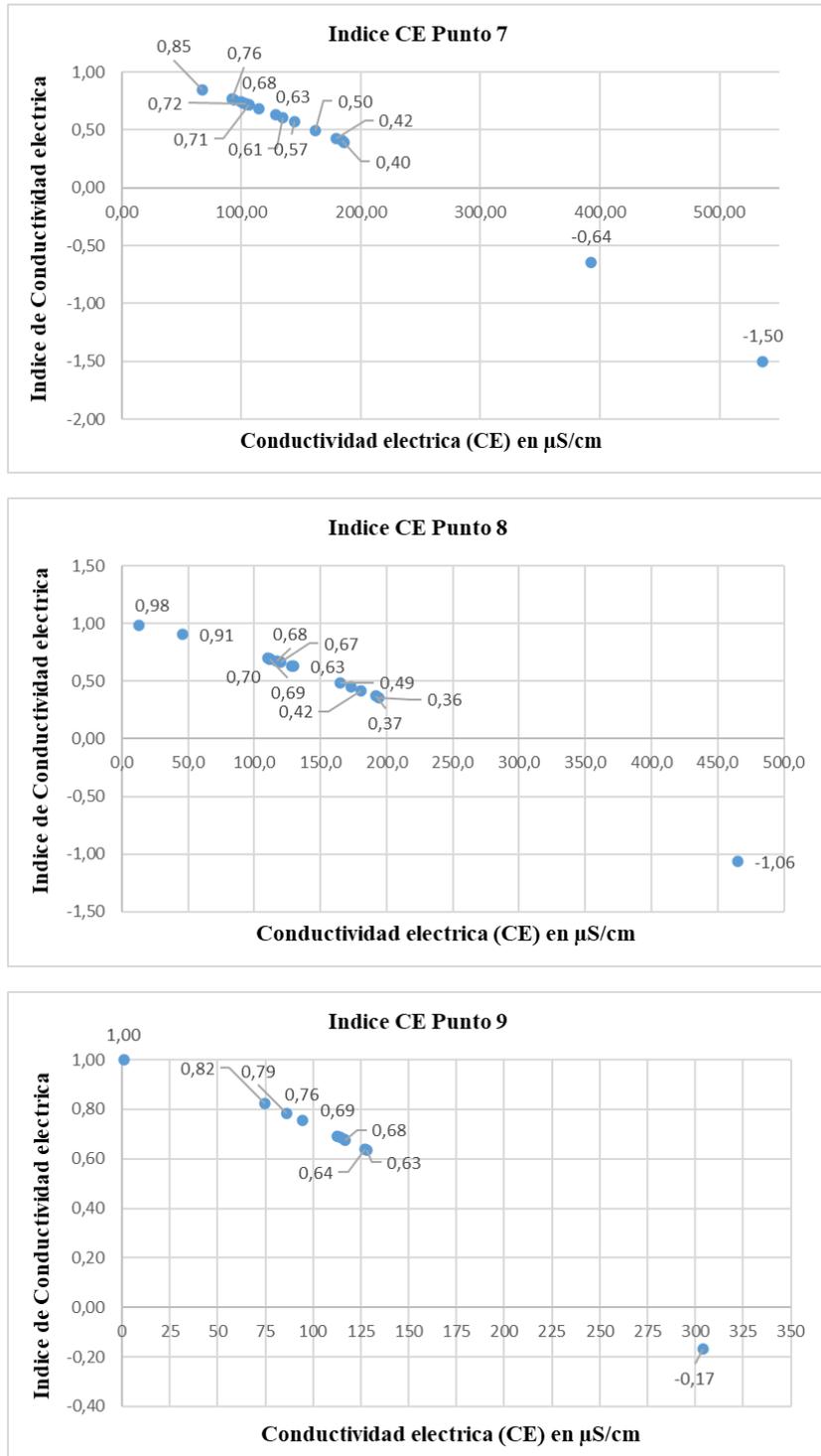
Nota: En la figura 17 se registra el análisis de la Conductividad eléctrica (CE) en $\mu\text{S/cm}$ con relación al Índice de Conductividad eléctrica en el punto 1 (Verjón Alto), punto 2 (Verjón Bajo) y punto 3 (El Líbano). Fuente: Autor y (Progresar, 2020)

Figura 18. índice CE, Puntos 4, 5 y 6



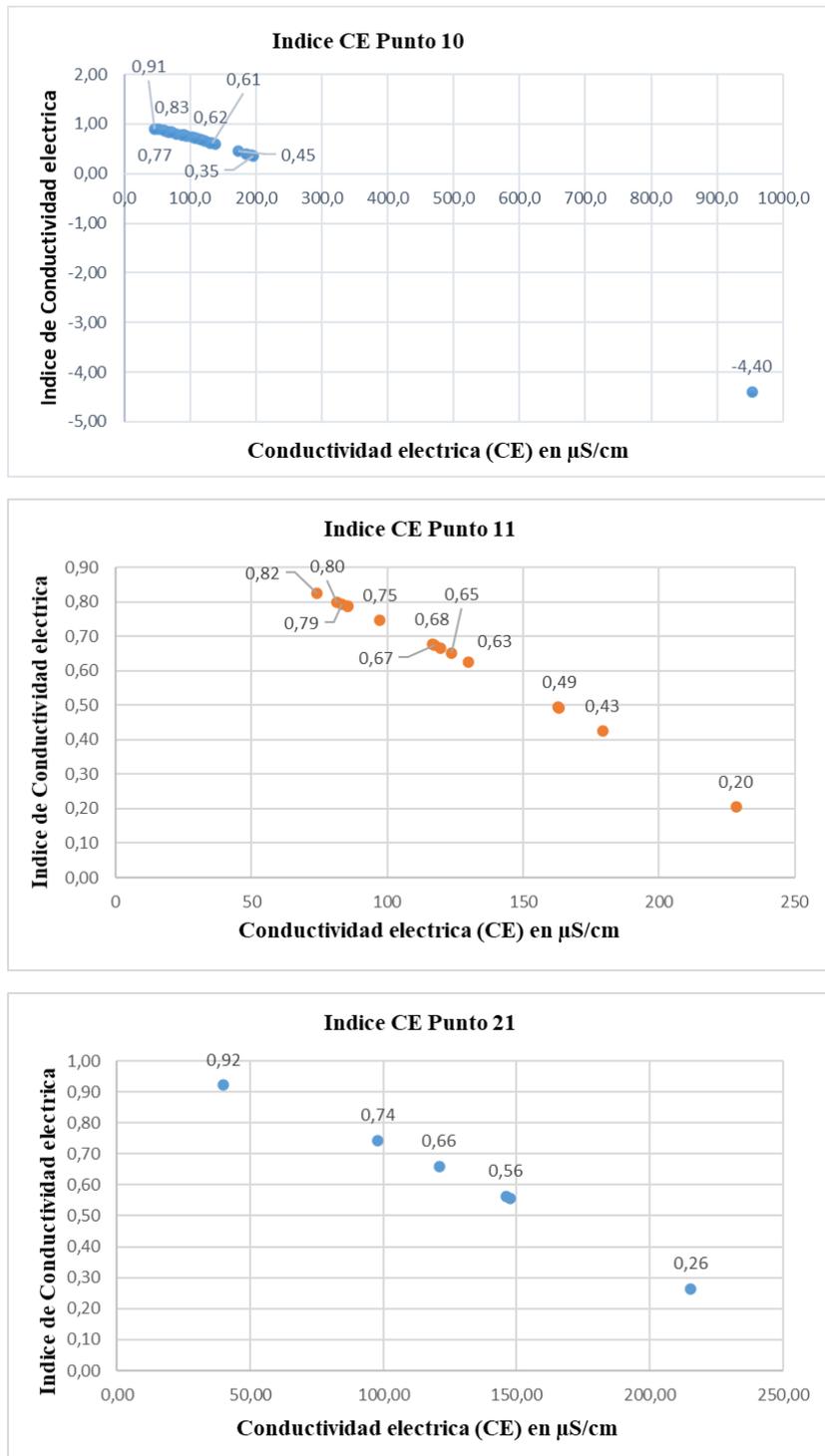
Nota: En la figura 18 se registra el análisis de la Conductividad eléctrica (CE) en $\mu\text{S/cm}$ con relación al Índice de Conductividad eléctrica en el punto 4 (El Salitre), el punto 5 (El Tubo) y el punto 6 (Paseo real). Fuente: Autor y (Progresar, 2020)

Figura 19. índice CE, Puntos 7, 8 y 9



Nota: En la figura 19 se registra el análisis de la Conductividad eléctrica (CE) en $\mu\text{S/cm}$ con relación al Índice de Conductividad eléctrica en el punto 7 (Senderos del Teusacá), el punto 8 (La Portada) y el punto 9 (Simaya). Fuente: Autor y (Progresar, 2020)

Figura 20. índice CE; Puntos 10, 11 y 21



Nota: En la figura 20 se registra el análisis de la Conductividad eléctrica (CE) en $\mu\text{S/cm}$ con relación al Índice de Conductividad eléctrica en el punto 10 (Peña de las águilas), el punto 11 (El Triunfo) y el punto 21 (San Cayetano).
Fuente: Autor y (Progresar, 2020)

En el punto 1 (Verjón Alto), el índice de conductividad eléctrica se mantiene en un rango de 1.00 y 0.90, su valor más alto es 1.00 el cual representa un valor entre 0 y 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$, siendo una señal de alarma aceptable según la calificación del ICA y permisible según la norma. Se presenta variabilidad con un índice de 0.90 se encuentran entre 40 y 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$, el cual representa una señal de alarma regular según la calificación del ICA.

En el punto 2 (Verjón Bajo), el índice de conductividad eléctrica se mantiene en un rango de 0.99 y 0.92, su valor más alto que es 0.99 el cual representa un valor entre 0 y 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$, siendo una señal de alarma aceptable según la calificación del ICA y permisible según la norma. Se presenta variabilidad en los registros con un índice de 0.58 con un valor de 140,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ calificado con una señal de alarma regular según la calificación del ICA y no permisible según la norma.

En el punto 3 (El Líbano) se evidencia como se mantiene el índice de conductividad eléctrica en un rango de 1.00 y 0.92, determinando con esto que su valor más alto que es 1.00 representa un valor entre 0 y 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$, siendo una señal de alarma buena según la calificación del ICA y permisible según la norma.

En el punto 4 (El Salitre), el índice de conductividad eléctrica presenta un rango de 0.99 y 0.92, su valor más alto que es 0.99 representa un valor entre 0 y 25 $\mu\text{S}/\text{cm}$, siendo una señal de alarma buena según la calificación del ICA y permisible según la norma. Presentan variabilidades en los registros con índices entre 0.90 y 0.82 en un rango de 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 75 $\mu\text{S}/\text{cm}$, el cual representa una señal de alarma aceptable según la calificación del ICA, pero no permisible según la norma. Como se observa en la figura 20 se presentan dos registros relevantes con un índice de 0.15 el cual representa un valor de 240 $\mu\text{S}/\text{cm}$ calificado como una señal de alarma mala y un índice de -0.06 el cual representa un valor de 283.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ calificado como una

señal de alarma muy mala según la calificación del ICA y representando un rango fuera de lo normal. Todos los valores correspondientes por debajo de un índice de 0.63 no son permisibles según la norma.

En el punto 5 (El Tubo), el índice de conductividad eléctrica mantiene en un rango de 0.80 y 0.72, su valor más alto es 0.80 el cual representa un valor entre 50 y 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ calificado como una señal de alarma aceptable según la calificación del ICA y no permisible según la norma. Como registros relevantes se presentaron dos registros con un índice de 0.47 el cual representa un valor de 169.33 $\mu\text{S}/\text{cm}$, calificado como una señal de alarma mala según la calificación del ICA y registro con un índice -0.66 el cual representa un valor de 395.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ calificado como una señal de alarma muy mala según la calificación del ICA y representando un rango fuera de lo normal. Todos los valores correspondientes por debajo de un índice de 0.80 no son permisibles según la norma.

En el punto 6 (Paseo Real), la conductividad eléctrica presenta un índice de 0.73 el cual representa un valor de 103.33 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y un índice de 0.71 con un valor de 106.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ calificado como una señal de alarma aceptable según la calificación del ICA y no permisible según la norma. Como registros relevantes se presentaron índices de conductividad eléctrica en un rango de 0.40 y 0.14 representando un rango de 190 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$, el cual representa una señal de alarma mala según la calificación del ICA. Como también se presentó un índice -1.16 con un valor de 482 $\mu\text{S}/\text{cm}$ calificado con una señal de alarma muy mala según la calificación del ICA y representando un rango fuera de lo normal. Todos los valores correspondientes por debajo de un índice de 0.73 no son permisibles según la norma.

En el punto 7 (Senderos de Teusacá) el índice de la conductividad eléctrica presenta un rango de 0.85 y 0.71 representando un rango de 60 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ calificado como una

señal de alarma aceptable según la calificación del ICA y no permisible según la norma. Los registros más relevantes presentaron un índice de -0.64 el cual representa un valor de 392.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y -1.50 con un valor de 536.48 $\mu\text{S}/\text{cm}$ calificado como una señal de alarma muy mala según la calificación del ICA y representando un rango fuera de lo normal. Todos los valores correspondientes por debajo de un índice de 0.85 no son permisibles según la norma.

En el punto 8 (La Portada), la conductividad eléctrica presentó índices de 0.98 con un valor de 12.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 0.91 con un valor de 46 $\mu\text{S}/\text{cm}$ calificados como una señal de alarma buena según la calificación del ICA y permisible según la norma. Se presentaron variabilidades con un índice de conductividad eléctrica en un rango de 0.49 y 0.36 representando un rango de 160 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, calificados como una señal de alarma mala según la calificación del ICA. Como registro relevante se presentó un índice -1.06 con un valor de 465 $\mu\text{S}/\text{cm}$ calificado como una señal de alarma muy mala según la calificación del ICA y representando un rango fuera de lo normal. Todos los valores correspondientes por debajo de un índice de 0.70 no son permisibles según la norma.

En el punto 9 (El Simaya), la de conductividad eléctrica presenta un índice de 1.00 con un valor de 0.83 $\mu\text{S}/\text{cm}$ calificado con una señal de alarma buena según la calificación del ICA y permisible según la norma. Presenta un índice de -0.17 con un valor de 304 $\mu\text{S}/\text{cm}$ calificado con una señal de alarma muy mala según la calificación del ICA y representando un rango fuera de lo normal. Todos los valores correspondientes por debajo de un índice de 0.82 no son permisibles según la norma.

En el punto 10 (Peña de las águilas), se presenta un índice de conductividad eléctrica de 0.91 con un valor de 46.67 $\mu\text{S}/\text{cm}$ calificado con una señal de alarma buena según la calificación del ICA y permisible según la norma. Se presenta un registro relevante con un índice de -4.40 el

cual con un valor de 953 $\mu\text{S}/\text{cm}$ calificado con una señal de alarma muy mala según la calificación del ICA y representando un rango fuera de lo normal. Todos los valores correspondientes por debajo de un índice de 0.89 no son permisibles según la norma.

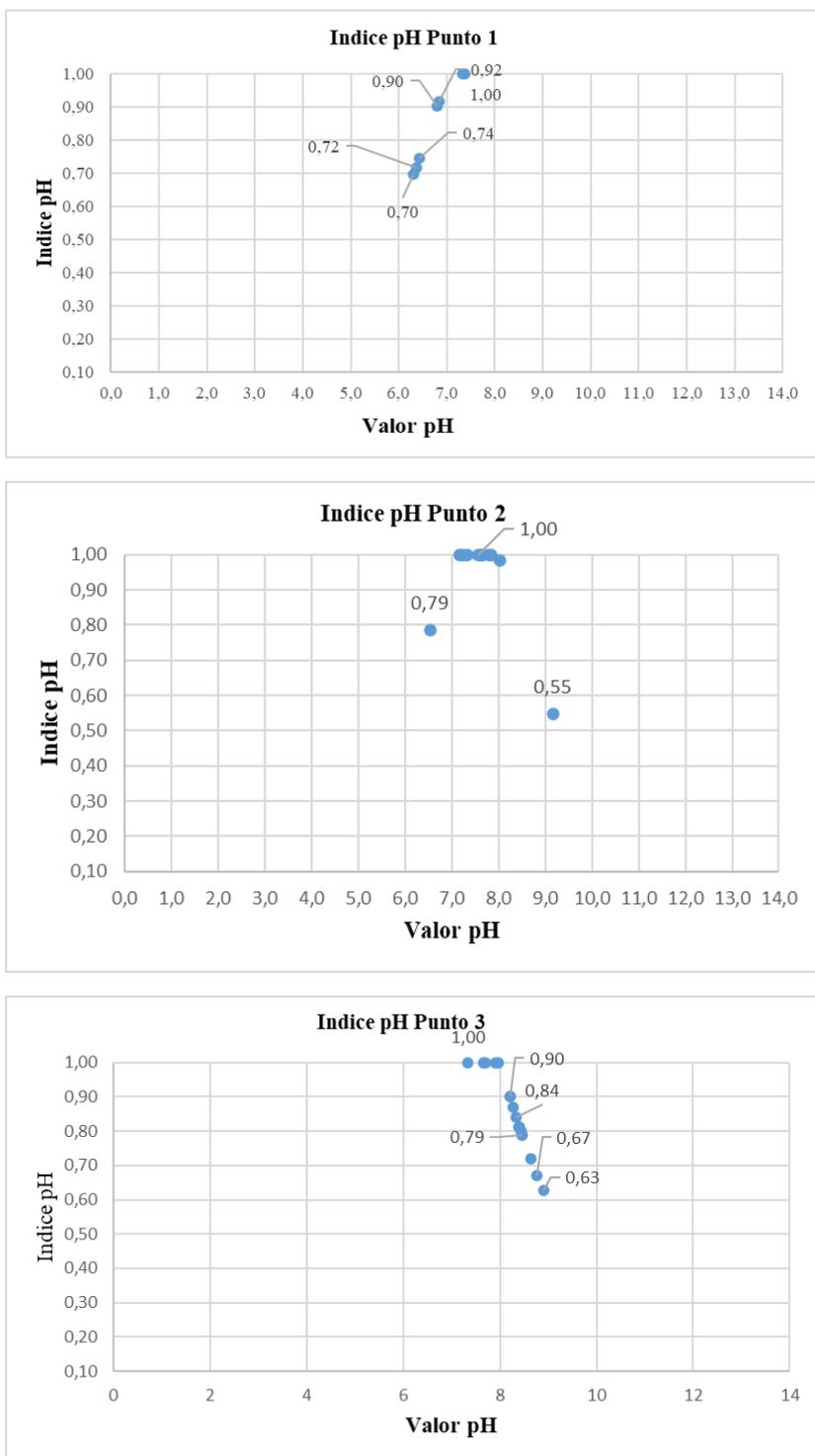
En el punto 11 (El Triunfo), el índice de conductividad eléctrica presenta en un rango de 0.82 y 0.75 representando un rango de 80 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ califico una señal de alarma aceptable según la calificación del ICA, pero no permisible según la norma. Se presento un índice de conductividad eléctrica en un rango de 0.68 y 0.65 representando un rango de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 120 $\mu\text{S}/\text{cm}$ calificado como una señal de alarma regular según la calificación del ICA. Todos los valores correspondientes por debajo de un índice de 0.82 no son permisibles según la norma.

En el punto 21 (San Cayetano), la conductividad eléctrica presento un de 0.92 con un valor de 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$ calificado como una señal de alarma buena según la calificación del ICA permisible según la norma. Se presenta un índice de conductividad eléctrica de 0.26 con un valor de 216 $\mu\text{S}/\text{cm}$, calificado con una señal de alarma mala según la calificación del ICA. Todos los valores correspondientes por debajo de un índice de 0.74 no son permisibles según la norma.

9.2 Resultados Monitoreo y análisis del Índice de pH

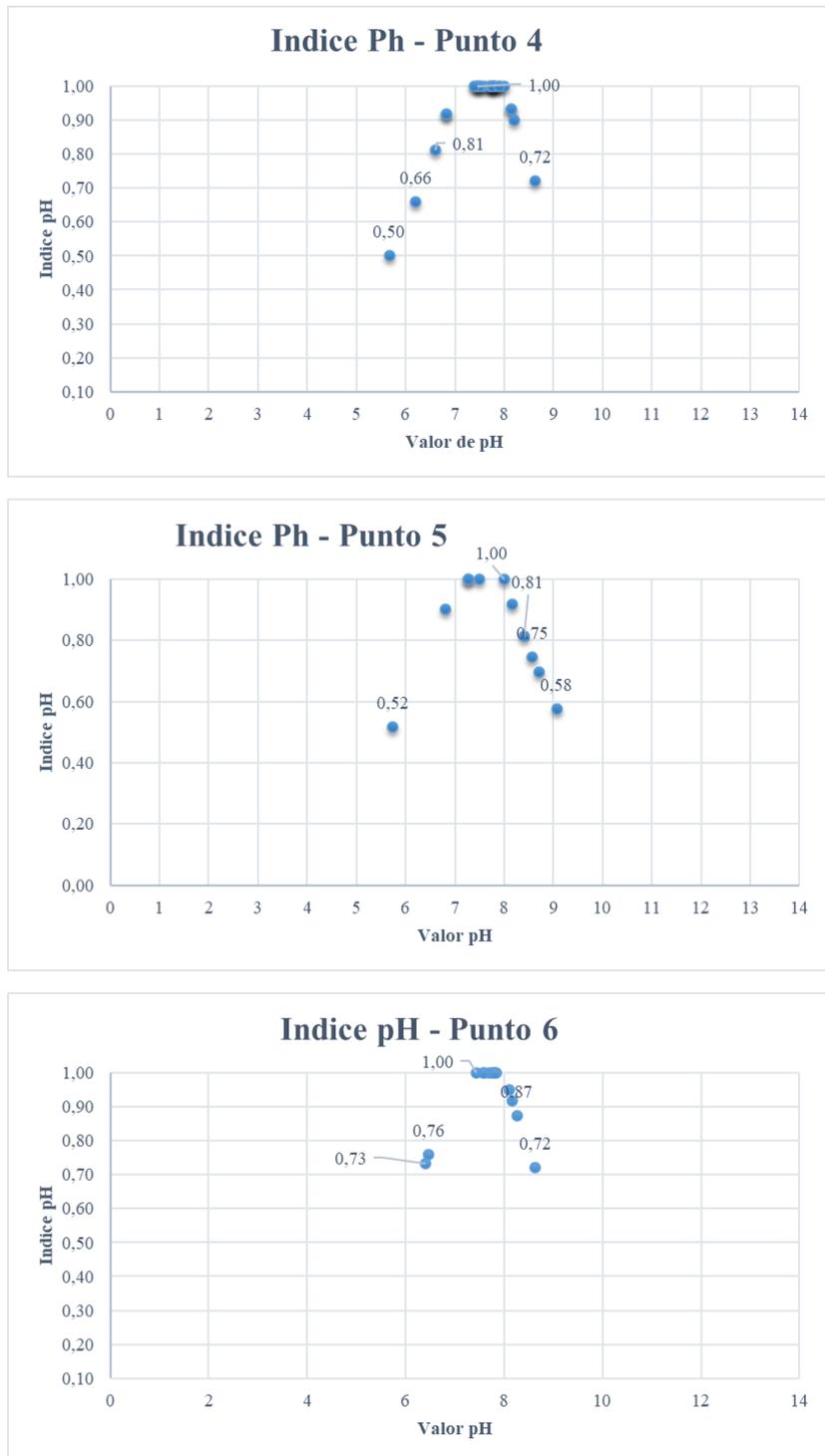
La determinación y análisis del pH por parte del programa se evalúa según el índice de calificación por medio de la metodología del índice de calidad del agua del IDEAM. Se establece como parámetro permisible que el pH se encuentre entre los valores de 6 y 8 o sea igual a 7 (neutro), si el índice los registros toman valores por debajo de 7 indica acidez y si está por encima de 7 indica un estado básico o alcalino, se resalta con el fin de comparar los resultados obtenidos a partir de los registros (IDEAM, 2013).

Figura 21. Índice pH; punto 1, 2 y 3



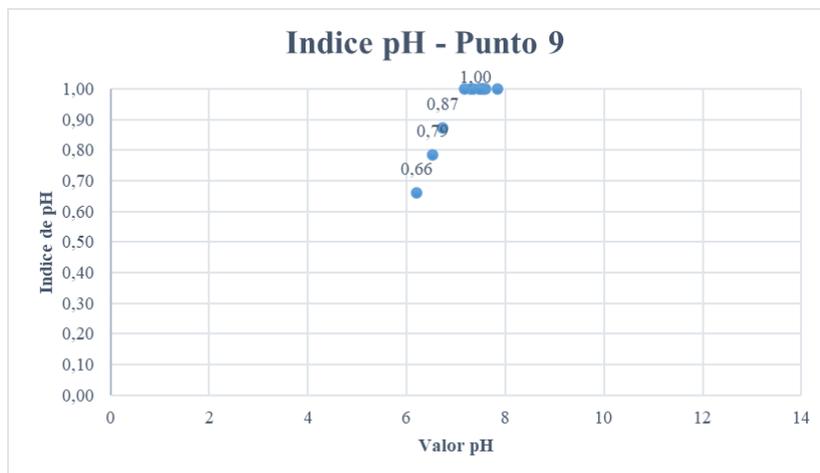
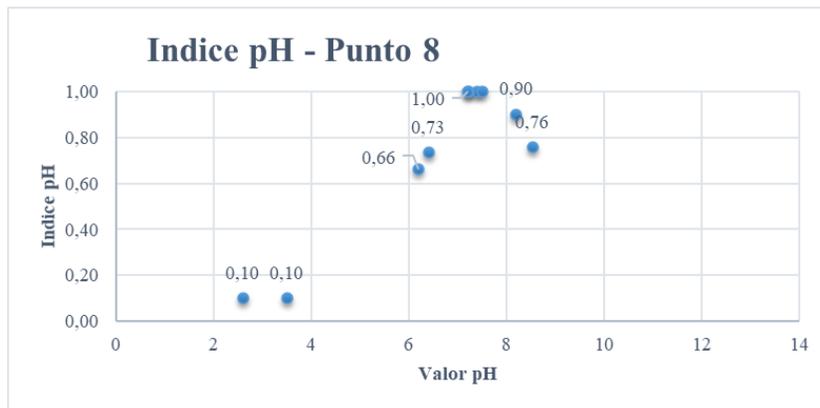
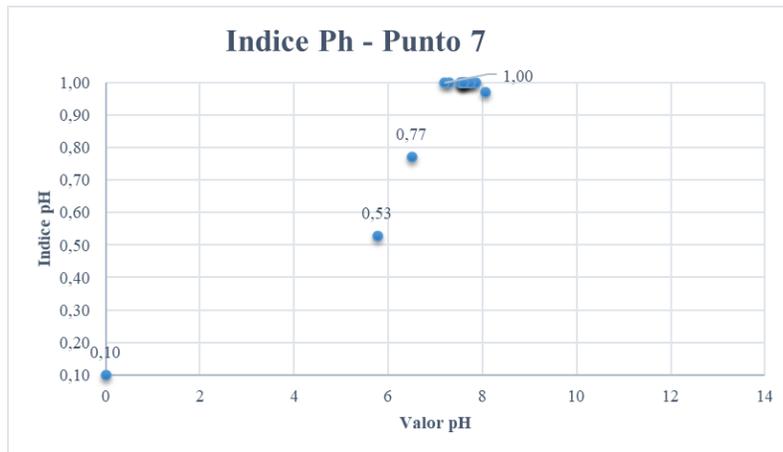
Nota: En la figura 21 se registra el análisis del pH con relación al Índice de pH en el punto 1 (Verjón Alto), punto 2 (Verjón Bajo) y punto 3 (El Líbano). Fuente: Autor y (Progresar, 2020)

Figura 22. Índice pH; punto 4, 5 y 6



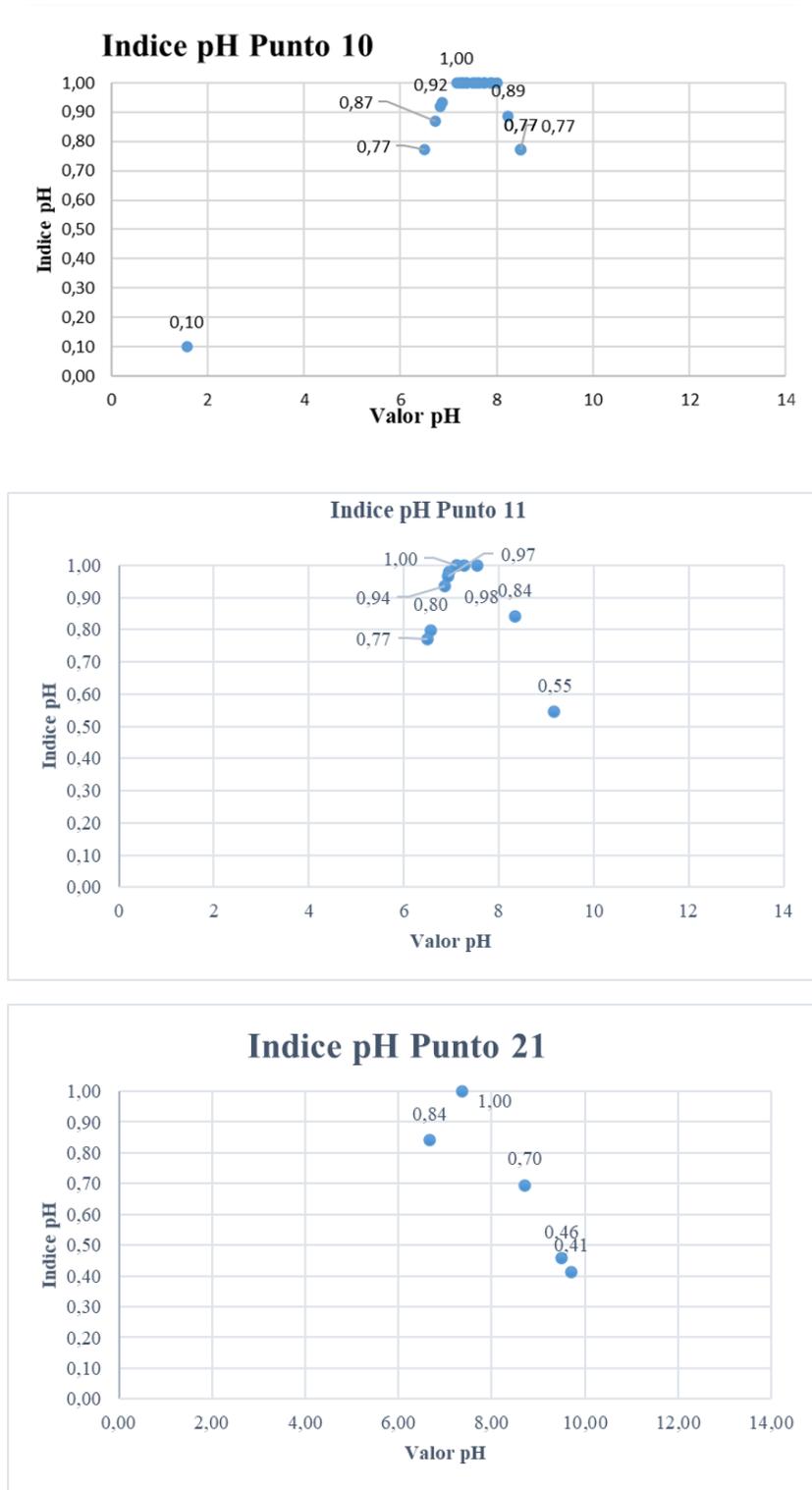
Nota: En la figura 22 se registra el análisis del pH con relación al Índice de pH en el punto 4 (El Salitre), punto 5 (El Tubo) y punto 6 (Paseo real). Fuente: Autor y (Progresar, 2020)

Figura 23. Índice pH; punto 7, 8 y 9



Nota: En la figura 23 se registra el análisis del pH con relación al Índice de pH en el punto 7 (Senderos del Teusacá), punto 8 (La Portada) y punto 9 (Simaya). Fuente: Autor y (Progresar, 2020)

Figura 24. Índice pH; punto 10, 11 y 21



Nota: En la figura 24 se registra el análisis del pH con relación al Índice de pH en el punto 10 (Peña de las águilas), punto 11 (El Triunfo) y punto 21 (San Cayetano). Fuente: Autor y (Progresar, 2020)

En el punto 1 (Verjón Alto), se presentan índice de pH de 0.90 y 1 en un rango de valor de pH entre 6 y 8 calificado como una señal de alarma buena según la calificación del ICA y permisible según la norma. Otros registros presentan índices de pH de 0.74 y 0.72 en un rango de valor de pH de 6 y 7 calificado como señal de alarma aceptable según la calificación del ICA. Como índice relevante se presenta un índice de pH de 0.70 cercano a un valor de pH 6.3 calificado como una señal de alarma regular según la calificación del ICA, determinando que la tendencia de pH es decreciente hacia un pH básico.

En el punto 2 (Verjón Bajo), se presentan índice de pH de 1 en un rango de valor de pH entre 7 y 8 calificado como una señal de alarma buena según la calificación del ICA y permisible según la norma. Se presenta un índice de pH de 0.79 en un rango de valor de pH de 6 y 7 calificado como señal de alarma aceptable según la calificación del ICA. Como índice relevante se presenta un índice de pH de 0.55 cercano a un valor de pH 9.2 calificado como una señal de alarma regular según la calificación del ICA, determinando que el pH es neutro en su gran mayoría y con tendencia a un pH básico.

En el punto 3 (El Líbano), se presentan índice de pH de 1 en un rango de valor de pH entre 7 y 10 calificado como una señal de alarma buena según la calificación del ICA y permisible según la norma. Se presenta un índice de pH de 0.79 y 0.84 en un rango de valor de pH de 8 y 10 calificado como señal de alarma aceptable según la calificación del ICA. Como índice relevante se presenta un índice de pH de 0.63 cercano a un valor de pH 8.9 calificado como una señal de alarma regular según la calificación del ICA, determinando que la tendencia de pH es decreciente hacia un pH básico.

En el punto 4 (El Salitre), se presentan índice de pH entre 1 y 0.90 en un rango de valor de pH entre 7 y 8 calificado como una señal de alarma buena según la calificación del ICA y

permisible según la norma. Se presenta un índice de pH de 0.72 y 0.81 en un rango de valor de pH de 6 y 8 calificado como señal de alarma aceptable según la calificación del ICA. Como índice relevante se presenta un índice de pH de 0.50 cercano a un valor de pH 5.6 calificado como una señal de alarma regular según la calificación del ICA, determinando que la tendencia de pH es decreciente hacia un pH ácido.

En el punto 5 (El Tubo), se presentan índice de pH 1 en un rango de valor de pH entre 7 y 8 calificado como una señal de alarma buena según la calificación del ICA y permisible según la norma. Se presenta un índice de pH de 0.75 y 0.81 en un rango de valor de pH de 8 y 9 calificado como señal de alarma aceptable según la calificación del ICA. Como índice relevante se presenta un índice de pH de 0.52 cercano a un valor de pH 5.7 calificado como una señal de alarma regular según la calificación del ICA, determinando que la tendencia de pH es decreciente hacia un pH básico.

En el punto 6 (Paseo real), se presentan un índice de pH de 1 y 0.92 en un rango de valor de pH entre 7 y 8 calificado como una señal de alarma buena según la calificación del ICA y permisible según la norma. Se presenta un índice de pH de 0.73 y 0.87 en un rango de valor de pH de 6 y 9 calificado como señal de alarma aceptable según la calificación del ICA.

En el punto 7 (Senderos del Teusacá), se presentan índice de pH 1 en un rango de valor de pH entre 6 y 8 calificado como una señal de alarma buena según la calificación del ICA y permisible según la norma. Se presenta un índice de pH de 0.77 en un rango de valor de pH de 6 y 8 calificado como señal de alarma aceptable según la calificación del ICA. Se presenta un índice de pH de 0.53 en un rango de valor de pH de 4 y 6 calificado como señal de alarma regular según la calificación del ICA. Como índice relevante se presenta un índice de pH de 0.10

con un valor de pH de 0 (cero) calificado como una señal de alarma muy malo según la calificación del ICA, determinando que la tendencia de pH es decreciente hacia un pH ácido.

En el punto 8 (La Portada), se presentan índices de pH 1 y 0.90 en un rango de valor de pH entre 6 y 8 calificado como una señal de alarma buena según la calificación del ICA y permisible según la norma. Se presenta un índice de pH de 0.73 y 0.76 en un rango de valor de pH de 6 y 9 calificado como señal de alarma aceptable según la calificación del ICA. Se presenta un índice de pH de 0.66 cercano a un valor de pH a 6 calificado como señal de alarma regular según la calificación del ICA. Como índice relevante se presenta un índice de pH de 0.10 en un rango de valor de pH de 2 y 4 calificado como una señal de alarma muy malo según la calificación del ICA, determinando que la tendencia de pH es decreciente hacia un pH ácido.

En el punto 9 (Simaya), se presentan un índice de pH de 1 en un rango de valor de pH entre 7 y 8 calificado como una señal de alarma buena según la calificación del ICA y permisible según la norma. Se presenta un índice de pH de 0.79 y 0.87 en un rango de valor de pH de 6 y 8 calificado como señal de alarma aceptable según la calificación del ICA. Como índice relevante se presenta un índice de pH de 0.66 cercano a un valor de pH de 6.2 calificado como una señal de alarma regular según la calificación del ICA, determinando que la tendencia de pH es neutra.

En el punto 10 (Peña de las águilas), se presentan un índice de pH de 1 y 0.92 en un rango de valor de pH entre 6 y 8 calificado como una señal de alarma buena según la calificación del ICA y permisible según la norma. Se presenta un índice de pH entre de 0.77 y 0.89 en un rango de valor de pH de 6 y 9 calificado como señal de alarma aceptable según la calificación del ICA. Como índice relevante se presenta un índice de pH de 0.10 cercano a un valor de pH de 2 calificado como una señal de alarma muy malo según la calificación del ICA, determinando que la tendencia de pH neutro con tendencia a un pH básico.

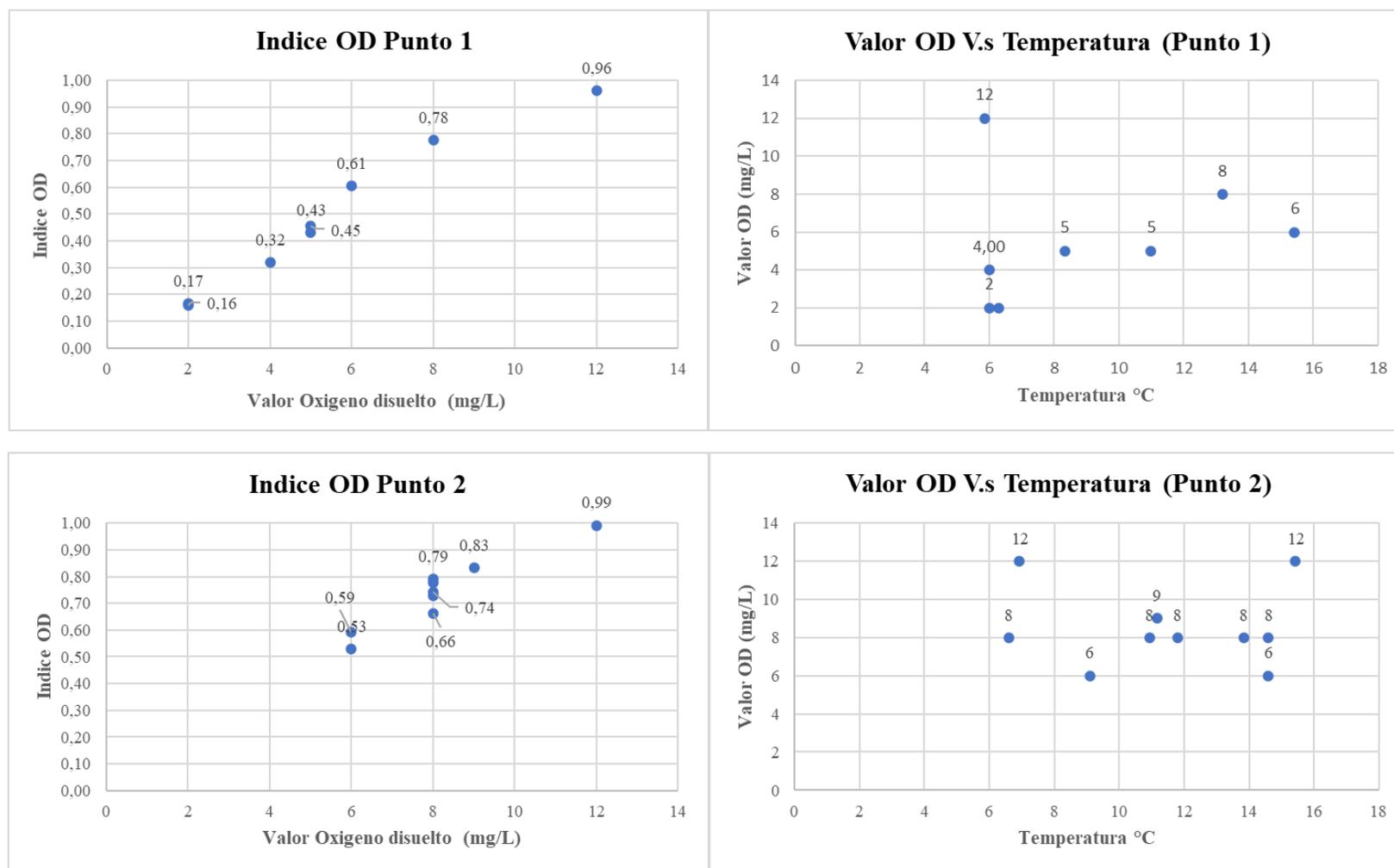
En el punto 11 (El Triunfo), se presenta un índice de pH de 1 y 0.94 en un rango de valor de pH entre 6 y 8 calificado como una señal de alarma buena según la calificación del ICA y permisible según la norma. Se presenta un índice de pH entre de 0.77 y 0.84 en un rango de valor de pH de 6 y 8 calificado como señal de alarma aceptable según la calificación del ICA. Como índice relevante se presenta un índice de pH de 0.55 cercano un valor de pH de 9 calificado como una señal de alarma regular según la calificación del ICA, determinando que la tendencia de pH es neutra con tendencia a un pH básico.

En el punto 21 (San Cayetano), se presenta un índice de pH de 1 con un valor de pH entre 7 y 8 calificado como una señal de alarma buena según la calificación del ICA y permisible según la norma. Se presenta un índice de pH entre de .84 en un rango de valor de pH de 6 y 7 calificado como señal de alarma aceptable según la calificación del ICA. Como índice relevante se presenta un índice de pH de 0.46 y 0.41 con un valor de pH entre 9 y 10 calificado como una señal de alarma regular según la calificación del ICA, determinando que la tendencia de pH es neutra con tendencia a un pH básico.

9.3 Resultados Monitoreo y análisis del Índice del Oxígeno Disuelto

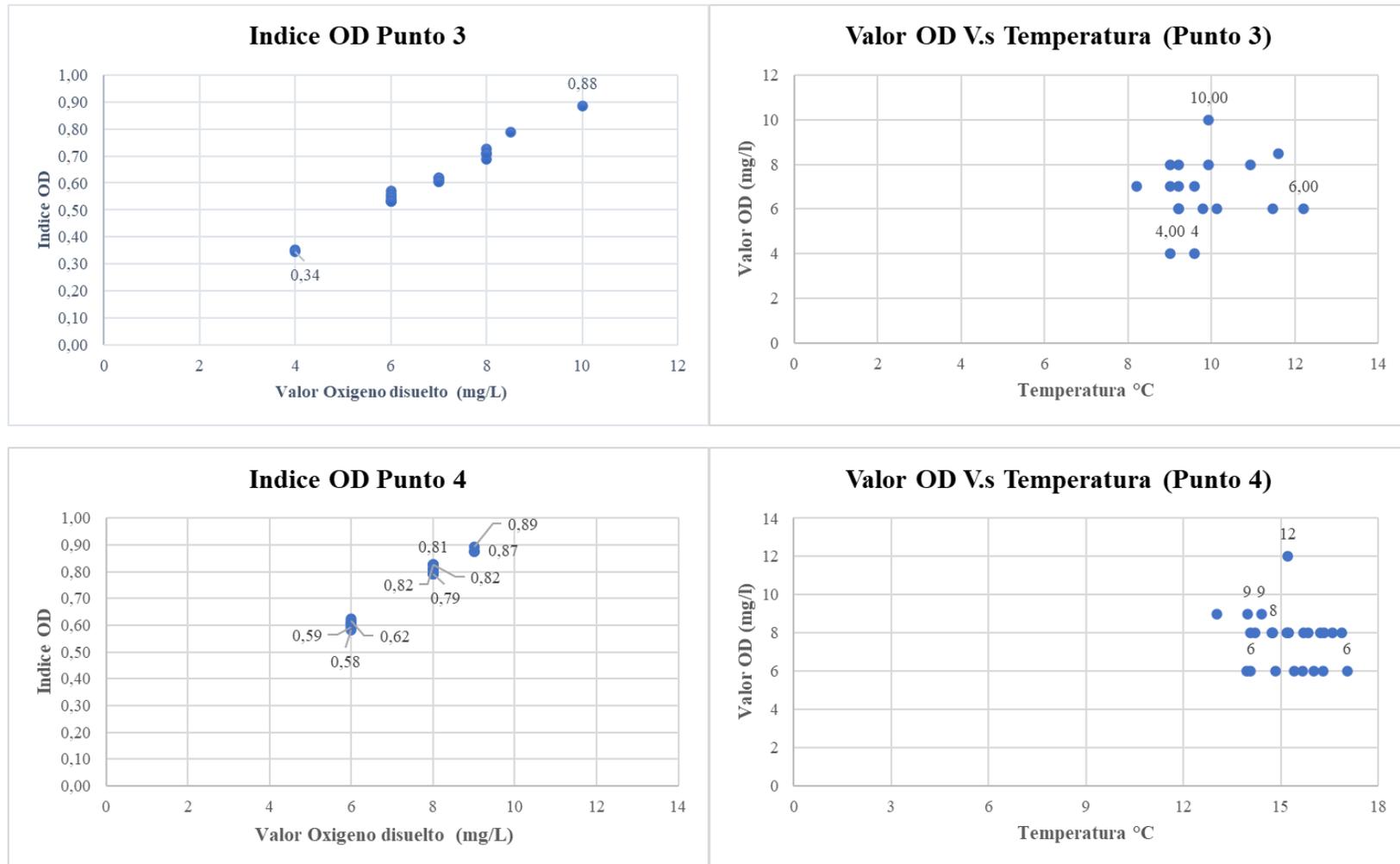
La determinación y análisis del Oxígeno disuelto por parte del programa se evalúa según el índice de calificación por medio de la metodología del índice de calidad del agua del IDEAM. Comprendiendo que este parámetro depende de la temperatura y otros factores como la pureza del agua, la presencia de organismos, entre otros. Al aumentar la temperatura el oxígeno disuelto disminuye, pero si la temperatura disminuye el valor del oxígeno disuelto será mayor Los valores estándar de oxígeno disuelto se encuentran en un rango de 7.0 y 8.0 mg/L (Roldan, 2003).

Figura 25. Índice OD punto 1 y 2.



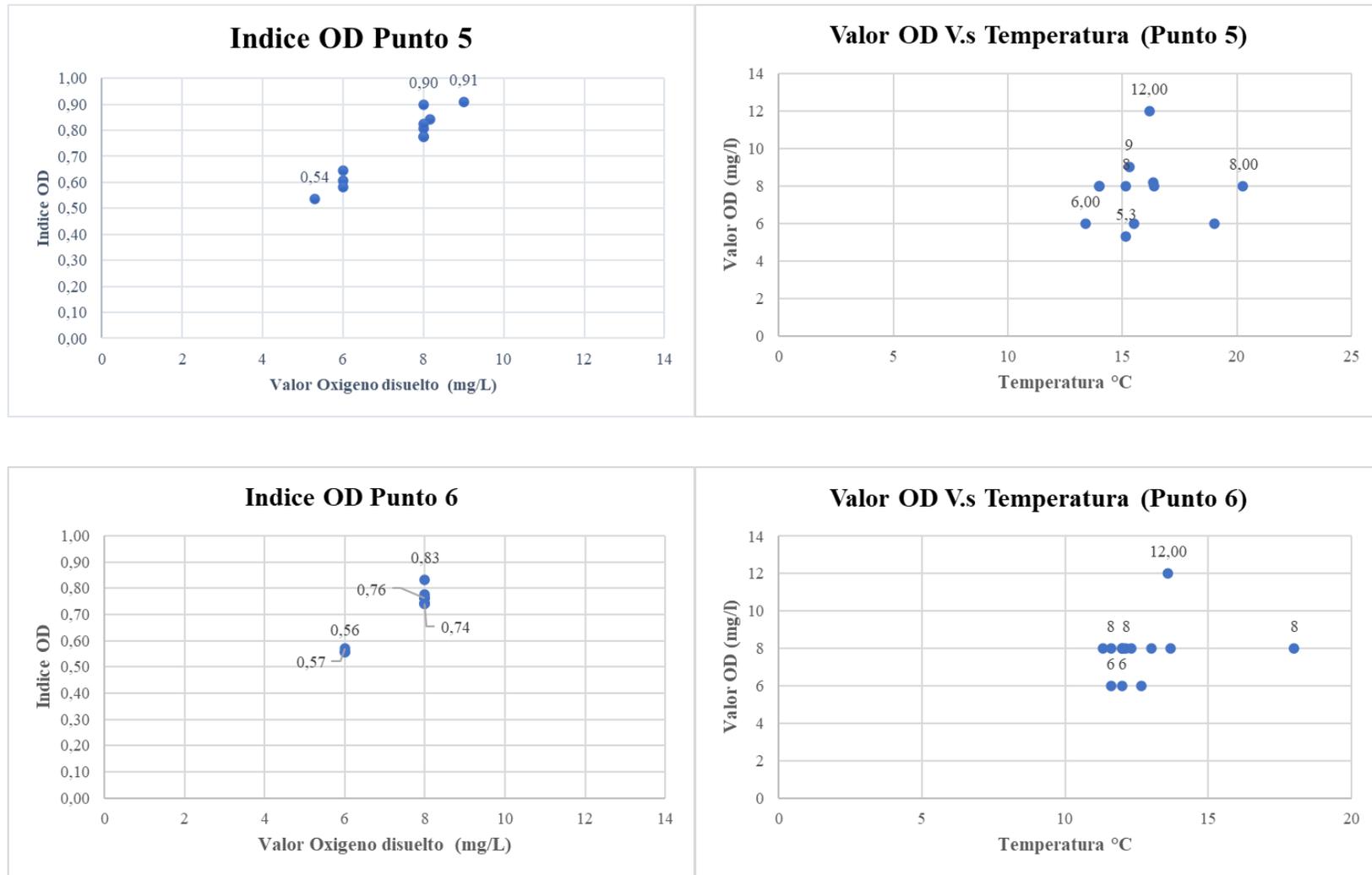
Nota: En la figura 25 se registra el análisis del Oxígeno disuelto con relación a la concentración del Oxígeno disuelto, Temperatura en °C y el índice de Oxígeno disuelto según valor el ICA en el punto 1 (Verjón Alto) y punto 2 (Verjón Bajo). Fuente: Autor y (Progresar, 2020)

Figura 26. Índice OD punto 3 y 4.



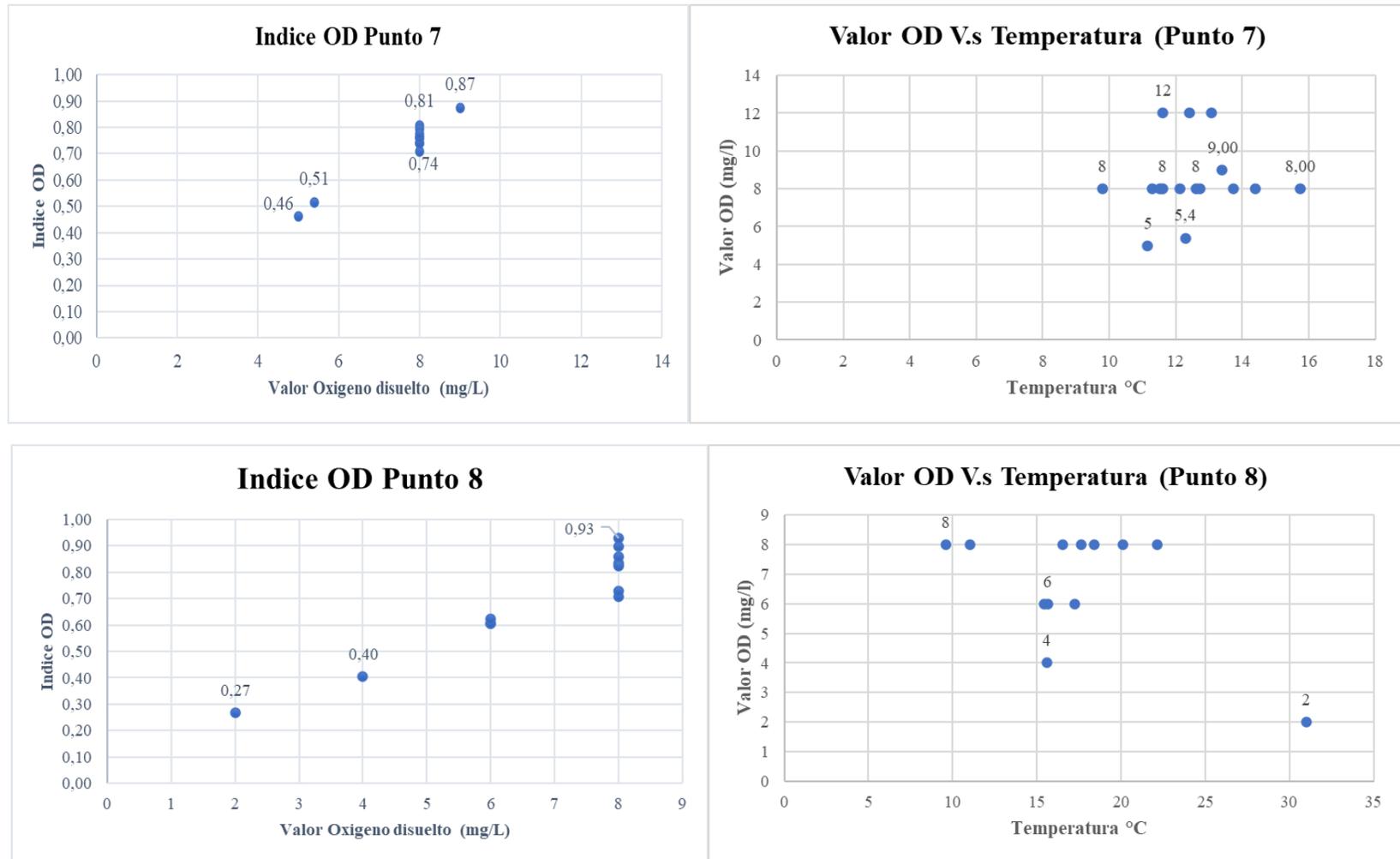
Nota: En la figura 26 se registra el análisis del Oxígeno disuelto con relación a la concentración del Oxígeno disuelto, Temperatura en °C y el índice de Oxígeno disuelto según valor el ICA en el punto 3 (El Líbano) y punto 4 (El Salitre). Fuente: Autor y (Progresar, 2020)

Figura 27. Índice OD punto 5 y 6



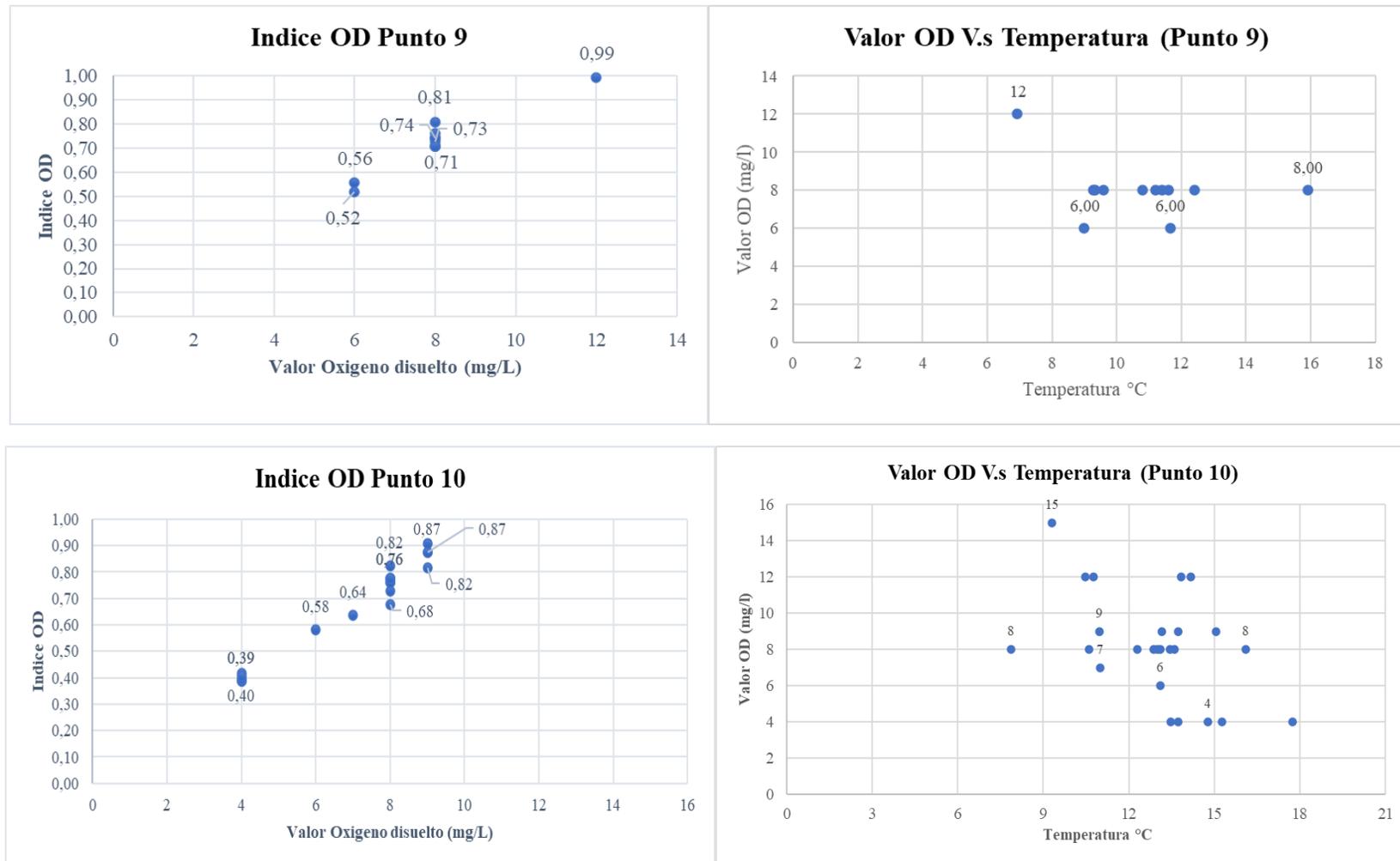
Nota: En la figura 27 se registra el análisis del Oxígeno disuelto con relación a la concentración del Oxígeno disuelto, Temperatura en °C y el índice de Oxígeno disuelto según valor el ICA en el punto 5 (El Tubo) y punto 6 (Paseo real). Fuente: Autor y (Progresar, 2020)

Figura 28. Índice OD punto 7 y 8



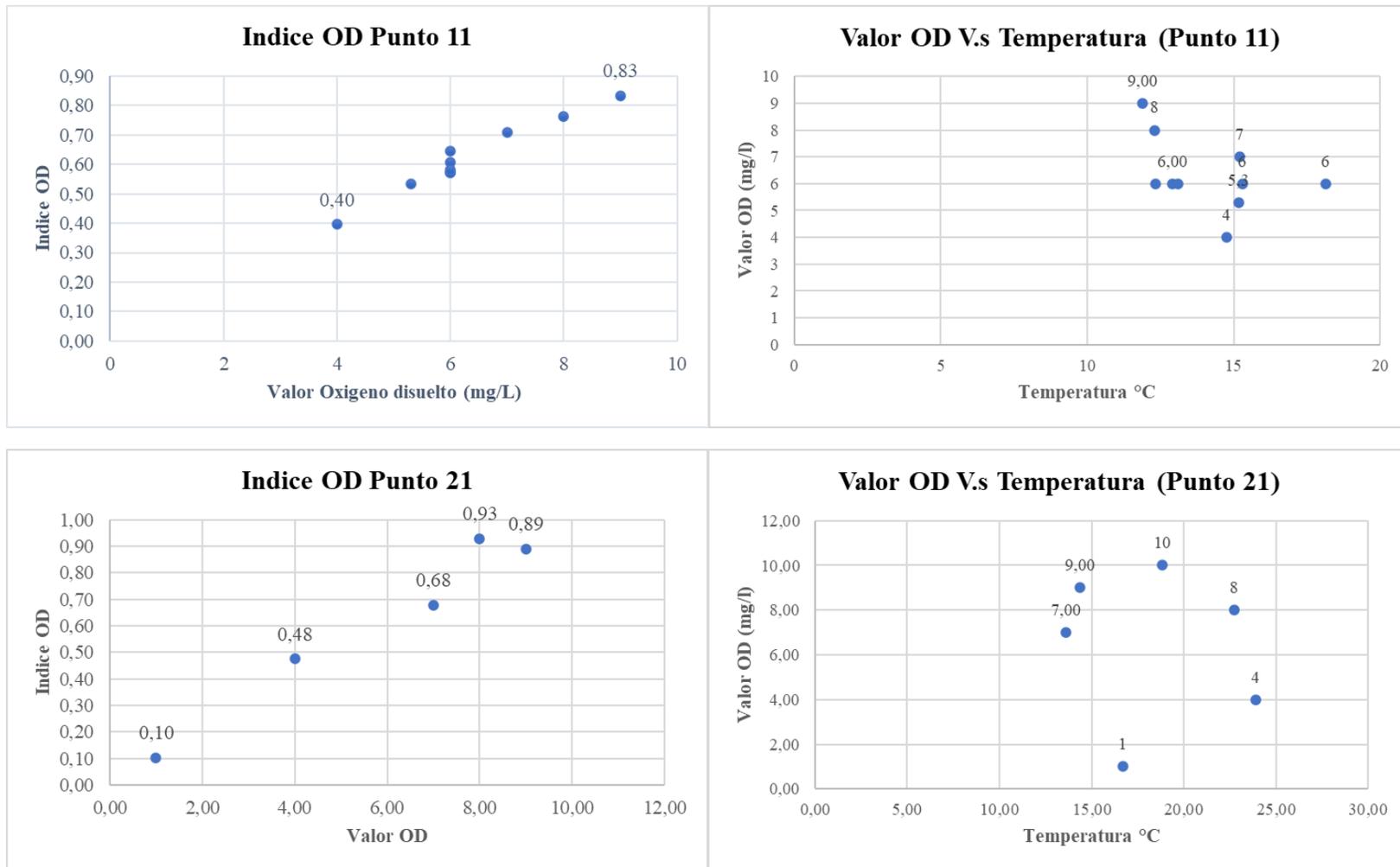
Nota: En la figura 28 se registra el análisis del Oxígeno disuelto con relación a la concentración del Oxígeno disuelto, Temperatura en °C y el índice de Oxígeno disuelto según valor el ICA en el punto 7 (Senderos del Teusacá) y punto 8 (La Portada). Fuente: Autor y (Progresar, 2020)

Figura 29. Índice OD punto 9 y 10



Nota: En la figura 29 se registra el análisis del Oxígeno disuelto con relación a la concentración del Oxígeno disuelto, Temperatura en °C y el índice de Oxígeno disuelto según valor el ICA en el punto 9 (Simaya) y punto 10 (Peña de las águilas). Fuente: Autor y (Progresar, 2020)

Figura 30. Índice OD punto 11 y 21



Nota: En la figura 30 se registra el análisis del Oxígeno disuelto con relación a la concentración del Oxígeno disuelto, Temperatura en °C y el índice de Oxígeno disuelto según valor el ICA en el punto 11 (El triunfo) y punto 21 (San Cayetano). Fuente: Autor y (Progresar, 2020)

En el punto 1 (Verjón Alto), se presentó un índice de 0.96 con un valor de oxígeno disuelto de 12 (mg/L) calificado como una señal de alarma buena según la calificación del ICA, con una temperatura de 6°C, es decir, cumple teóricamente con el promedio estándar. Sin embargo, se evidencian valores de oxígeno disuelto con la temperatura de 6°C de 4 (mg/L) y 2 (mg/L), los cuales generan índices de oxígeno disuelto de 0.43 y 0.17 representando una señal de alarma mala según la calificación del ICA y no permisible. Por lo anterior, se registra un margen de error o el resultado dependiente de un factor diferente a temperatura.

En el punto 2 (Verjón Bajo), se presentó un índice de 0.99 con un valor de oxígeno disuelto de 12 (mg/L) calificado como una señal de alarma buena según la calificación del ICA, con una temperatura el dato registrado presento 7°C aproximadamente, es decir, cumple teóricamente con el promedio estándar. Como datos relevantes se evidencian valores de oxígeno disuelto de 8 (mg/L) con una temperatura de 6.6 °C e índice de 0.66 y 6 (mg/L) con una temperatura de 9°C e índice de 0.53, representando una señal de alarma regular según la calificación del ICA y no permisible. En este punto se resalta un rango aceptable según la calificación del ICA.

En el punto 3 (El Líbano), se presentó un índice de 0.88 con un valor de oxígeno disuelto de 10 (mg/L) calificado como una señal de alarma aceptable según la calificación del ICA, con una temperatura de 9°C aproximadamente, es decir, cumple teóricamente con el promedio estándar. Como datos relevantes se evidencian valores de oxígeno disuelto de 4 (mg/L) con una temperatura de 9.6 °C e índice de 0.35 y 4 (mg/L) con una temperatura de 9°C e índice de 0.34, representando una señal de alarma mala según la calificación del ICA y no permisible. En este punto se resalta un rango regular según la calificación del ICA.

En el punto 4 (El Salitre), se presentó un índice en un rango de 0.89 y 0.79 con un valor de oxígeno disuelto entre 8 y 9 (mg/L) calificado como una señal de alarma aceptable según la calificación del ICA, con una temperatura en un rango de 13°C y 16°C aproximadamente, es decir, cumple teóricamente con el promedio estándar. Como datos relevantes se evidencian valores de oxígeno disuelto de 6 (mg/L) con una temperatura de 13°C con un índice de 0.58, representando una señal de alarma regular según la calificación del ICA y no permisible. En este punto se resalta un rango regular y aceptable según la calificación del ICA.

En el punto 5 (El Tubo), se presentó un índice de 0.91 con un valor de oxígeno disuelto de 9 (mg/L) calificado como una señal de alarma buena según la calificación del ICA, con una temperatura de 15.3°C aproximadamente, es decir, cumple teóricamente con el promedio estándar. Como dato relevante se evidencian un valor de oxígeno disuelto de 5.3 (mg/L) con una temperatura de 15.6°C con un índice de 0.54, representando una señal de alarma regular según la calificación del ICA y no permisible. En este punto se resalta un rango regular y aceptable según la calificación del ICA.

En el punto 6 (Paseo Real), se presentó un índice en un rango de 0.83 y 0.74 con un valor de oxígeno disuelto de 8 (mg/L) calificado como una señal de alarma aceptable según la calificación del ICA, con una temperatura en un rango de 11°C y 14°C aproximadamente, es decir, cumple teóricamente con el promedio estándar. Como datos relevantes se evidencian valores de oxígeno disuelto de 6 (mg/L) con una temperatura de 12°C con un índice de 0.56, representando una señal de alarma regular según la calificación del ICA y no permisible. En este punto se resalta un rango regular y aceptable según la calificación del ICA.

En el punto 7 (Senderos del Teusacá), se presentó un índice en un rango de 0.81 y 0.71 con un valor de oxígeno disuelto entre 8 y 9 (mg/L) calificado como una señal de alarma

aceptable según la calificación del ICA, con temperatura en un rango de 9°C y 16°C aproximadamente, es decir, cumple teóricamente con el promedio estándar. Como dato relevante se evidencian valores de oxígeno disuelto de 5 (mg/L) con una temperatura de 11.16°C con un índice de 0.46, representando una señal de alarma mala según la calificación del ICA y no permisible. En este punto se resalta un rango aceptable según la calificación del ICA.

En el punto 8 (La Portada), se presentó un índice de 0.93 con un valor de oxígeno disuelto de 8 (mg/L) calificado como una señal de alarma buena según la calificación del ICA, con una temperatura de 22.13°C aproximadamente, es decir, cumple teóricamente con el promedio estándar. Como dato relevante se evidencian valores de oxígeno disuelto de 2 (mg/L) con una temperatura de 31°C e índice de 0.27 y 4 (mg/L) con 15.6°C e índice de 0.40, representando una señal de alarma mala según la calificación del ICA y no permisible. En este punto se resalta un rango aceptable y regular según la calificación del ICA.

En el punto 9 (Simaya), se presentó un índice de 0.99 con un valor de oxígeno disuelto de 12 (mg/L) calificado como una señal de alarma buena según la calificación del ICA, con una temperatura de 6.93°C aproximadamente, es decir, presenta un estado diferente al concepto teórico. Como dato relevante se evidencian valores de oxígeno disuelto de 6 (mg/L) con una temperatura de 11°C y 9°C e índice de 0.56 y 0.52 (mg/L), representando una señal de alarma regular según la calificación del ICA y no permisible. En este punto se resalta un rango aceptable según la calificación del ICA.

En el punto 10 (Peña de las águilas), se presentó un índice en un rango de 0.87 y 0.73 con un valor de oxígeno disuelto entre 8 y 9 (mg/L) calificado como una señal de alarma aceptable según la calificación del ICA, con relación a la temperatura los datos registrados presentan un rango de 7°C y 16°C aproximadamente, es decir, cumple teóricamente con el

promedio estándar. Como dato relevante se evidencian valores de oxígeno disuelto de 4 (mg/L) con una temperatura de 13°C e índice de 0.39 y 0.42 (mg/L), representando una señal de alarma mala según la calificación del ICA y no permisible. En este punto se resalta un rango aceptable y mala según la calificación del ICA.

En el punto 11 (El Triunfo), se presentó un índice en un rango de 0.61 y 0.54 con un valor de oxígeno disuelto entre 6 y 5.3 (mg/L) calificado como una señal de alarma regular según la calificación del ICA, con relación a la temperatura los datos registrados presentan un rango de 12°C y 15°C aproximadamente, siendo este un estándar no permisible. Como dato relevante se evidencia un valor de oxígeno disuelto de 4 (mg/L) con una temperatura de 14.76°C e índice de 0.40 (mg/L), representando una señal de alarma mala según la calificación del ICA y no permisible. En este punto se resalta un rango regular según la calificación del ICA.

En el punto 21 (San Cayetano), se presentó un índice de 0.93 con un valor de oxígeno disuelto de 8 (mg/L) con una temperatura de 22°C calificado como una señal de alarma buena según la calificación del ICA, es decir, cumple teóricamente con el promedio estándar. Como dato relevante se evidencia un valor de oxígeno disuelto de 1 (mg/L) con una temperatura de 16°C e índice de 0.10 (mg/L), representando una señal de alarma mala según la calificación del ICA y no permisible.

9.4 Discusión

Conflictos y análisis del uso del suelo: Con respecto a los resultados y toma de datos registrados por el programa, en comparación y relación al uso del suelo rural y urbano del municipio de La Calera se presenta un análisis que permite comprender el resultado de los parámetros en cada uno de los puntos de monitoreo.

Tabla 8. Análisis ICA y uso del suelo puntos 2 y 3.

Punto monitoreo y uso del suelo	pH	Oxígeno Disuelto	Conductividad	Observaciones	Argumentación y afectación Rio Teusaca
Punto 2 (Verjón Bajo): AGP	Rango Calificación: Buena	Rango Calificación: Buena	Rango Calificación: Buena	Los resultados analizados en el Punto 2 (Verjón Bajo) , presentan en su gran mayoría niveles estables y en el Punto 3 (El Líbano) , presenta niveles aceptables, pero con índices regulares en algunos registros. Estas señales en los dos puntos se pueden presentar por presencia de cultivos y uso de fertilizantes químicos para la fertilidad del suelo y producción (Alcaldía La Calera, 2018).	En el Municipio de la Calera en gran parte de las zonas de uso agropecuario se desarrollan Cultivos de pancoger (Alcaldía La Calera, 2018). En los cultivos se usan fertilizantes químicos aplicados en el suelo con buena disponibilidad del agua, esto conlleva a obtener un drenaje de líquidos residuales que se filtran en el suelo, generando una movilidad de líquidos y compuestos que finalizan en los ríos. En este caso siendo transportados al rio Teusacá posiblemente como fuente hídrica cercana. La presencia de contaminantes inorgánicos como el mercurio, nitrato que provienen de tierras de cultivo o lixiviados, aguas contaminadas por fertilizantes pueden ser causa de contaminación hídrica y afectación en la salud de las personas si se exponen a estos contaminantes (Rojas, 2009).
Punto 3 (El Líbano): AGP	Rango Calificación: Buena y Aceptable	Rango Calificación: Aceptable y Regular	Rango Calificación: Buena		

Nota: Esta tabla 8 informa el análisis del ICA según el uso del suelo en los puntos de monitoreo 2 y 3. AGP: Agropecuario. Fuente: Elabora autor, base de información; (Alcaldía La Calera, 2018), (Rojas, 2009).

Tabla 9. Análisis ICA y uso del suelo puntos 4 y 5.

Punto monitoreo y uso del suelo	pH	Oxígeno Disuelto	Conductividad	Observaciones	Argumentación y afectación Rio Teusaca
Punto 4 (El Salitre): AGP, SSS, SSV y VCPT	Rango Calificación: Buena y Aceptable	Rango Calificación: Aceptable y Regular	Rango Calificación: Buena, aceptable y muy mala	Los resultados analizados en el Punto 4 (El Salitre) presentan señales de alarma deficientes como se evidencia la conductividad como "muy mala" siendo un índice no favorable, y en el Punto 5 (El Tubo) se evidencia niveles regulares y un índice muy malo en la conductividad. Estas señales en los dos puntos se pueden presentar por consecuencia posible de vertimiento de aguas residuales y las limitaciones en los sistemas de tratamiento se afectan por no prever este tipo de situaciones futuras (Alcaldía La Calera, 2018).	En el PBOT de la Calera enmarca como parte de los objetivos y estrategias; La implementación de programas de construcción y mantenimiento de métodos de tratamiento individual para las viviendas campesinas, como también la revisión de control de aguas negras en las viviendas campestres (Alcaldía La Calera, 2018). La falta de mantenimiento y construcción del control de aguas negras genera afectación en los ríos o quebradas. La presencia de posibles contaminantes inorgánicos que provienen principalmente de corrosión de cañerías y Contaminantes orgánico, que provienen de agua escorrentía de vertederos, entre otros; son causa de afectación directa en las personas (Rojas, 2009).
Punto 5 (El Tubo): (VCPT)	Rango Calificación: Bueno y Regular	Rango Calificación: Aceptable y Regular	Rango Calificación: aceptable y muy mala		

Nota: Esta tabla 9 informa el análisis del ICA según el uso del suelo en los puntos de monitoreo 4 y 5. VCPT: Vivienda Campestre, SSS: Suelo Suburbano de Servicios, SSV: Suelo suburbano de Vivienda, AGP: Agropecuario. Fuente: Elabora autor, base de información; (Alcaldía La Calera, 2018), (Rojas, 2009).

Tabla 10. Análisis ICA y uso del suelo puntos 6, 7 y 8.

Punto monitoreo y uso del suelo	pH	Oxígeno Disuelto	Conductividad	Observaciones	Argumentación y afectación Rio Teusaca
Punto 6 (Paseo real): Zona Urbana	Rango Calificación: Bueno y Aceptable	Rango Calificación: Aceptable y Regular	Rango Calificación: Mala y Regular	Los resultados analizados en el Punto 6 (Paseo real): presentan señales de alarma aceptables, pero su conductividad indica un índice "malo" y "regular", en el Punto 7 (Senderos de Teusaca) presenta un índice de señal de alarma "mala" en la conductividad y en el Punto 8 (La portada) presenta una señal de alarma "mala" en la conductividad. Estas señales en los dos puntos se pueden presentar por consecuencia de falta de mantenimiento y construcción de redes de alcantarillado, medidas de orden y control sobre la gestión adecuada de los residuos sólidos, saneamiento básico (Alcaldía La Calera, 2018).	En el PBOT de la Calera enmarcan objetivos ambientales como la priorización de obras de separación de aguas lluvias y residuales en la zona urbana, garantizar la cobertura total del saneamiento básico y acceso al servicio del agua, y la gestión adecuada del control de los residuos sólidos (Alcaldía La Calera, 2018). El uso del recurso hídrico del río Teusacá se fundamenta en el consumo humano en el tratamiento. Sin embargo, su uso también se centra en el uso agrícola del municipio, por tal razón la presencia de contaminantes afecta de cierta medida la labor de este recurso en el desarrollo agropecuario de la región (Rojas, 2009).
Punto 7 (Senderos de Teusaca): Zona Urbana	Rango Calificación: Bueno y Aceptable	Rango Calificación: Aceptable y Bueno	Rango Calificación: Mala y aceptable		
Punto 8 (La portada): Zona Urbana	Rango Calificación: Bueno y Regular	Rango Calificación: Aceptable y Regular	Rango Calificación: Mala y Regular		

Nota: Esta tabla 10 informa el análisis del ICA según el uso del suelo en los puntos de monitoreo 6, 7 y 8. Zona Urbana: Casco urbano principal del municipio. Fuente: Elabora autor, base de información; (Alcaldía La Calera, 2018), (Rojas, 2009).

Tabla 11. Análisis ICA y uso del suelo puntos 9, 10,11 y 21.

Punto monitoreo y uso del suelo	pH	Oxígeno Disuelto	Conductividad	Observaciones	Argumentación y afectación Rio Teusaca
Punto 9 (Simaya): VCPT y CARB	Rango Calificación: Aceptable y Bueno	Rango Calificación: Aceptable y Regular	Rango Calificación: Aceptable, Regular y muy Mala	Los resultados analizados en el Punto 9 (Simaya) , presenta señales de alarma aceptables y regulares, pero su conductividad indica un índice “muy malo”, el Punto 10 (Peña de las águilas) presenta índices regulares y “malos” en los tres parámetros, en el Punto 11 (El Triunfo) presenta un estado regular, pero “malo” en el pH y el Oxígeno disuelto y en el Punto 21 (San Cayetano) presenta un estado regular y “malo” en el pH. Estas señales en los cuatro puntos se pueden presentar por consecuencia falta de tratamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales en las viviendas campestres y la presencia de cultivos y su uso de fertilizantes falta de acceso al servicio de agua y saneamiento básico (Alcaldía La Calera, 2018).	En el PBOT de la Calera establece estrategias ambientales donde se centra en la implementación de programas de construcción y mantenimiento de sistemas de tratamiento de aguas residuales en las viviendas campestres (Alcaldía La Calera, 2018). La falta de mantenimiento y construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales genera conflictos negativos en los cuerpos hídricos. Presencia de posibles contaminantes inorgánicos y orgánicos, que provienen de agua de escorrentía de vertederos, carga de vertimientos residuales (Rojas, 2009).
Punto 10 (Peña de las águilas): VCPT	Rango Calificación: Aceptable, Regular y Mala	Rango Calificación: Mala y Regular	Rango Calificación: Aceptable, Mala y Regular		
Punto 11 (El Triunfo): VCPT y SSS	Rango Calificación: Mala y Regular	Rango Calificación: Mala, Regular y Buena	Rango Calificación: Regular		
Punto 21 (San Cayetano): VCPT	Rango Calificación: Mala y Regular	Rango Calificación: Regular y Buena	Rango Calificación: Regular		

Nota: Esta tabla 11 informa el análisis del ICA según el uso del suelo en los puntos de monitoreo 9, 10, 11 y 21. VCPT: Vivienda Campestre, SSS: Suelo Suburbano de Servicios, CARB: Reserva Forestal Protectora Productora de la Cuenca Alta del Rio Bogotá. Fuente: Elabora autor, base de información; (Alcaldía La Calera, 2018), (Rojas, 2009).

10. CONCLUSIONES

El desarrollo de proyectos que involucran la comunidad como son los sensores ciudadanos en este proyecto, donde se relacionan instituciones de educación superior, instituciones de educación pública y entidades como el Acueducto Progresar brindan satisfacción y motivan para continuar participando y desarrollando proyectos a nivel profesional en pro de proteger, conservar, cuidar todo lo relacionado con el medio ambiente.

Cumpliendo con el objetivo del análisis de la calidad del agua del río Teusacá con relación al monitoreo de la participación ciudadana se concluye que la labor del registro de datos de los vigías facilita que el proceso de un trabajo de campo sea más dinámico, colaborativo y efectivo.

En un diagnóstico general se evalúa que la calidad del agua del río Teusacá presenta varias irregularidades e índices que afectan su ciclo normal, el ecosistema y la diversidad biológica, comprendiendo que en la Cuenca alta el río presenta un índice bueno y aceptable el cual es controlable y en la Cuenca media baja las condiciones del río no son favorables mostrando altos índices de contaminación que requieren de una solución pronta en el manejo del control de aguas residuales y vertimientos.

La identificación de los conflictos del uso del suelo a partir de la cartografía realizada destino las zonas que según lo establecido en el PBOT están siendo más perjudicadas por actividades con respecto al control de aguas residuales, falta de acceso al servicio del agua y cobertura de saneamiento básico. Por lo anterior, es importante aclarar que existe la posibilidad que otras sean las causas de la contaminación del río, por ende, se requiere de un análisis más

detallado evaluando todos los parámetros físicos, químicos y biológicos para determinar posibles causas más efectivas.

En la zona urbana del municipio la Calera se presentan señales de alarma con altos índices de contaminación, que según análisis esta dado por falta de tratamiento del sistema de drenaje de las aguas residuales, siendo esto poco favorable para las condiciones de la zona y del cuerpo hídrico. El crecimiento urbanístico en las zonas urbanas y rurales ha permitido que se incremente la necesidad del abastecimiento del agua y no se brinde el saneamiento básico en esas zonas por falta de una buena estrategia o planeación por parte de los entes territoriales.

En el Plan Básico de Ordenamiento territorial del municipio de La Calera Cundinamarca se establecen políticas, objetivos y estrategias ambientales los cuales integran y mencionan como mejorar todas las problemáticas para mitigar el impacto urbano del recurso hídrico en el territorio. Sin embargo, las estrategias son buenas en la medida que se proyecte el crecimiento del territorio de manera ordenada y en beneficio fundamental al desarrollo económico, social y ambiental del municipio.

Finalmente, El programa de la Gran cuenca del Río Teusacá ha realizado un trabajo muy importante con la participación ciudadana, que ha permitido evaluar cuales son las principales afectaciones que presenta el río. Sin embargo, es importante continuar con este monitoreo participativo, posiblemente analizar y evaluar los puntos de monitoreo más críticos en colaboración conjunta con instituciones que puedan brindar las herramientas tecnológicas y conocimiento técnico para concluir con un análisis más profundo y de esa manera identificar las principales causas de la contaminación del río Teusacá y evaluar soluciones que permitan recuperar a tiempo este gran cuerpo hídrico.

11. Bibliografía

- ACO. (2021). *Asociación Colombiana de Ornitología*. Obtenido de <https://asociacioncolombianadeornitologia.org/censos-navidenos/>
- Alcaldía La Calera, C. m. (2018). *Plan Básico de Ordenamiento Territorial*. La Calera Cundinamarca: Planeación. Obtenido de <https://www.lacalera-cundinamarca.gov.co/Transparencia/Paginas/Transparencia-y-acceso-a-informacion-publica.aspx>
- ASSUMPCÃO, T. H. (2019). Citizens' Campaigns for Environmental Water Monitoring: Lessons From Field Experiments. *ACCESS*, 20.
- Betancur E., J. E. (2016). La Ciencia Ciudadana como herramienta de aprendizaje significativo en educación para la conservación de la Biodiversidad en Colombia. *Revista Científica en Ciencias Ambientales y Sostenibilidad*, 15.
- Caicedo A., G. D. (2019). *PROPUESTA AMBIENTAL PARA EL PLAN DE DESARROLLO DEL MUNICIPIO DE LA CALERA, CUNDINAMARCA PARA EL PERÍODO 2020-2024*. Bogota D.C: UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA.
- Capdevila, A. S. (2020). Success factors for citizen science projects in water quality monitoring. *ELSEVIER*, 17.
- CAR, M. H. (2018). *Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Bogotá POMCA*. Bogotá: CAR.
- Colombia, F. N. (2020). *Glosario, Guía Ambiental para el Sector Cafetero*. Colombia: Federación Nacional Cafeteros de Colombia.
- Colombia, R. d. (1991). *Constitución Política de Colombia*. Colombia: República de Colombia.
- Conabio. (2020). *Biodiversidad Mexicana*. Recuperado el 2021, de <https://www.biodiversidad.gob.mx/cienciaciudadana/que-es>
- Congreso, C. (1997). *Ministerio de Ambiente*. Obtenido de https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1997/ley_0388_1997.pdf
- Congreso, d. l. (1994). *Ley 134 de 1994*. Bogotá D.C: Congreso de la República de Colombia.
- Ecoforest, L. (2013). *Elaboración del Diagnóstico, Prospectiva y Formulación de la Cuenca Hidrográfica del río Bogotá*. Bogotá: Ecoforest Ltda.
- Farnham, D. J. (2017). Citizen science-based water quality monitoring: Constructing a large database to characterize the impacts of combined sewer overflow in New York City. *ELSEVIER*, 10.
- IDEAM. (2013). *Índice de calidad del agua en corrientes superficiales (ICA)*. Bogotá: IDEAM.
- IDEAM. (2020). Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/glosario#A>
- Jollymore, A. (2017). Citizen science for water quality monitoring: Data implications of citizen perspectives. *ELSEVIER*, 12.
- Jumapan. (2020). *Junta Municipal de agua Potable y alcantarillado de Mazatlan*. Recuperado el 2020, de Junta Municipal de agua Potable y alcantarillado de Mazatlan: <http://jumapam.gob.mx/cultura-del-agua/distribucion-de-agua-en-el-planeta/>
- Kirk Jalbert, A. J. (2016). Sense and Influence: Environmental Monitoring Tools and the Power of Citizen Science. *ROUTLEDGE*, 20.
- Minambiente. (2002). *Decreto 1729 de 2002*. Bogotá: Ministerio del Medio Ambiente.

- Minambiente. (2013). *Corpoboyaca*. Obtenido de https://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2015/11/Resolucion_1907_2013.pdf
- Minambiente. (2013). *Ministerio de Ambiente*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/536-plantilla-gestion-integral-del-recurso-hidrico-23>
- Minprotección, S. (9 de mayo de 2007). *Decreto 1575 de 2007*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Disponibilidad-del-recurso-hidrico/Decreto-1575-de-2007.pdf>
- Pedraza, L. (2014). *ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LOS PROCESOS DE URBANIZACIÓN CAMPESTRE EN EL SECTOR DE LA CUENCA MEDIA-BAJA DEL RÍO TEUSACÁ, MUNICIPIOS DE LA CALERA, GUASCA Y SOPÓ*. Bogotá D.C: PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA.
- Progresar. (2020). *Progresar, E.S.P.* Recuperado el 2020, de <https://progresaresp.com/la-gran-cuenca-del-rio-teusaca/>
- Rojas, J. A. (2009). *Calidad del agua* (3 ed.). Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Roldan, G. P. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia*. Medellín (Colombia): Ed Universidad de Antioquia.
- Sierra, C. A. (2011). *Calidad del agua, Evaluación y Diagnóstico*. Medellín: Ediciones de la U, Universidad de Medellín.
- Universidad Nacional, C. (2021). *Instituto de Estudios Urbanos - IEU*. Obtenido de Instituto de Estudios Urbanos - IEU: <http://ieu.unal.edu.co/medios/noticias-del-ieu/item/el-88-de-los-municipios-de-colombia-tienen-el-pot-desactualizado-ministerio-de-vivienda-ciudad-y-territorio>