



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**Incidencia del PBOT de El Carmen de Viboral sobre la oferta, demanda hídrica y
prestación de servicios del acueducto rural en la vereda La Sonadora entre los años
2017– 2023**

Diana María Guarín Duque
Lisdey Vanessa Acevedo Gil
María Verónica Cardona Zuluaga

Trabajo de grado para obtener el título en
Administración Ambiental y Sanitaria

Asesora:
Magíster Yuliana Garcés Arboleda

Universidad de Antioquia
Facultad nacional de Salud Pública
Administración Ambiental y Sanitaria
El Carmen de Viboral
2024

Cita	(Guarín Duque, Acevedo Gil & Cardona Zuluaga , 2024)
Referencia Estilo APA 7 (2020)	Guarín Duque, D. M., Acevedo Gil, L. V., & Cardona Zuluaga, M. V. (2024). Incidencia del PBOT de El Carmen de Viboral sobre la oferta, demanda hídrica y prestación de servicios del acueducto rural en la vereda La Sonadora entre los años 2017– 2023. [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, El Carmen de Viboral, Colombia.



Seleccione posgrado UdeA (A-Z), Cohorte Seleccione cohorte posgrado.

Grupo de Investigación Seleccione grupo de investigación UdeA (A-Z).

Seleccione centro de investigación UdeA (A-Z).



Biblioteca Seccional Oriente (El Carmen de Viboral)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestra gratitud en primer lugar a nuestros familiares y amigos por sus voces de aliento, comprensión y amor incondicional durante este viaje académico. Agradecemos sinceramente a nuestra asesora, Yuliana Garcés por su orientación, apoyo y valiosas correcciones que fortalecieron de manera significativa este trabajo de grado.

Un agradecimiento especial a la Universidad de Antioquia y a la Facultad Nacional de Salud Pública por contribuir a nuestro desarrollo profesional, mediante este tipo de investigaciones que buscan generar estrategias para el bienestar de las comunidades, de igual manera a nuestros compañeros de clase y colegas por sus discusiones estimulantes, comentarios constructivos y colaboración en diferentes etapas de este proceso.

Finalmente, dedicamos este trabajo a todas las entidades y personas que, de una forma u otra, han sido parte de esta trayectoria académica y han contribuido a nuestro crecimiento profesional y personal.

Tabla de Contenido

Resumen	10
Abstract.....	11
Introducción	12
1. Planteamiento del problema.....	14
1.1 Pregunta de Investigación	18
2. Justificación	19
3. Objetivos.....	20
3.1 Objetivo General.....	20
3.2 Objetivos Específicos	20
4. Marco referencial	21
4.1 Referentes Conceptuales	21
4.2 Referentes Normativos	26
4.2.1 Planeación y Ordenamiento Territorial	26
4.2.2 Recurso Hídrico	27
4.3 Marco Geográfico	29
5. Metodología.....	34
5.1 Fases de la Metodología	35
5.2 Instrumentos de recolección de información.....	39
5.3 Fases, instrumentos de recolección y muestreo	42
5.4 Categorías de análisis	46
6. Abordaje Ético	48
7. Aspectos Administrativos	49
7.1 Factibilidad	49
7.1.1 Factibilidad Técnica	49
7.1.2 Factibilidad Financiera	49
7.1.3 Factibilidad Legal.....	49
7.1.4 Factibilidad Ambiental.....	50
7.2 Viabilidad.....	50
8. Cronograma.....	51
9. Presupuesto.....	52
10. Resultados.....	55
10.1 Usos del Suelo Impulsados por el PBOT en la Vereda La Sonadora de El Carmen de Viboral	55

10.1.1	PBOT y transformaciones territoriales en la vereda La Sonadora	55
10.2	Oferta y demanda del recurso hídrico en la vereda La Sonadora	61
10.2.1	PBOT y Recurso Hídrico.....	61
10.2.2	Oferta del recurso hídrico.....	65
10.2.3	Demanda del recurso hídrico	83
10.3	El acueducto de la vereda La Sonadora y la prestación del servicio.....	111
10.4	Análisis de la incidencia del PBOT en la oferta, demanda y prestación de servicios del recurso hídrico en la vereda la sonadora.	116
10.4.1	Incidencia del PBOT en la oferta hídrica	117
10.4.2	Incidencia del PBOT en la demanda hídrica	117
10.4.3	Incidencia del PBOT en la prestación del servicio de acueducto.....	119
11.	Discusión	121
12.	Conclusiones	130
13.	Recomendaciones	133
14.	Referencias bibliográficas	135

Índice de Tablas

Tabla 1	Evolución tasas de urbanización global	14
Tabla 2	Sistematización de la información de los instrumentos	37
Tabla 3	Fases, instrumentos de recolección y muestreo	43
Tabla 4	Presupuesto trabajo de grado I.....	52
Tabla 5	Presupuesto trabajo de grado II	53
Tabla 6	Presupuesto trabajo de grado III	54
Tabla 7	Reporte de aforos de la fuente abastecedora La Sonadora realizado por la Asociación	66
Tabla 8	Aforo al ingreso a PTAP acueducto La Sonadora realizados por el acueducto	68
Tabla 9	Aforos realizados por la autoridad ambiental Cornare.....	70
Tabla 10	Aforo realizado a la fuente por las estudiantes.....	71
Tabla 11	Valores totales, promedio y estadísticos representativos de la precipitación de la estación Campoalegre	75
Tabla 12	Caudal medio.....	79
Tabla 13	Caudal mínimo medio	80
Tabla 14	Caudales mínimos	81
Tabla 15	Tipos de plaguicidas o sustancias químicas utilizadas en los diferentes cultivos	97
Tabla 16	Concesiones otorgadas por Cornare en la vereda	100
Tabla 17	Consolidado de caudales de acuerdo con los usos.....	100
Tabla 18	Concesiones de acuerdo información shape CAR	103
Tabla 19	RURH otorgada por la autoridad ambiental Cornare.....	104
Tabla 20	Matriz DOFA acueducto La Sonadora.....	112
Tabla 21	Categorías de búsqueda de información en bases de datos bibliográficas	121
Tabla 22	Categorías mezcladas de búsqueda de información en bases bibliográficas	122

Índice de Figuras

Figura 1	Distribución de superficie por tipo de producción de flores y follajes (Hectáreas)	16
Figura 2	Ubicación territorial del municipio de El Carmen de Viboral.....	30
Figura 3	Ubicación vereda La Sonadora	31
Figura 4	Ubicación del acueducto La Sonadora	33
Figura 5	Cronograma de actividades del proyecto	51
Figura 6	Usos del suelo vereda La Sonadora.....	59
Figura 7	Jerarquía vial suelo rural, 2017	60
Figura 8	Fuentes hídricas del municipio El Carmen de Viboral.....	62
Figura 9	Ubicación de bocatomas vereda La Sonadora	64
Figura 10	Aforos de la fuente abastecedora La Sonadora realizado por la Asociación.....	67
Figura 11	Aforos ingreso a la PTAP realizado por la Asociación	69
Figura 12	Aforos fuente hídrica La Sonadora por Cornare	70
Figura 13	Aforo en el desarenador, realizado por las estudiantes	72
Figura 14	Aforo en la PTAP, realizado por las estudiantes.....	72
Figura 15	Localización de la cuenca quebrada La Sonadora	73
Figura 16	Precipitación en la estación Campoalegre entre los años 1990 - 2023.....	74
Figura 17	Variación promedio mensual de precipitación en la estación Campoalegre.....	74
Figura 18	Precipitación anual	75
Figura 19	Balance hídrico de la cuenca la quebrada La Sonadora.....	77
Figura 20	Caudal promedio año por año desde 1990 hasta 2020 quebrada La Sonadora	78
Figura 21	Localización de captación acueducto La Sonadora	79
Figura 22	Regionalización de las distribuciones para caudales mínimos.....	81
Figura 23	Caudales mínimos GUMBEL.....	82
Figura 24	Parte alta vereda La Sonadora.....	83
Figura 25	Centro poblado alto de los bomberos vereda La Sonadora	85
Figura 26	Centro poblado Los Bomberos	85
Figura 27	Pequeños centros poblados vereda La Sonadora	86
Figura 28	Bocatoma acueducto La Sonadora - Garzonas	87
Figura 29	Vertedero acueducto La Sonadora - Garzonas.....	87
Figura 30	Desarenador acueducto	87
Figura 31	Planta de Tratamiento de Agua Potable	87
Figura 32	Tanque dosificador cloro	88
Figura 33	Tanque dosificador	88
Figura 34	Laboratorio	88
Figura 35	Ingreso tanque de almacenamiento.....	88
Figura 36	Tanque de almacenamiento	89
Figura 37	Bodega.....	89
Figura 38	Mapa de infraestructuras principales existentes - Vereda La Sonadora	90
Figura 39	Cultivo de hortensias parte alta	91
Figura 40	Jardín Cultural El Nido.....	91
Figura 41	Parcelación Mirador de San Nicolas.....	92
Figura 42	Lote parcelación Mirador de San Nicolas	92
Figura 43	Vivienda de la Parcelación Mirador de San Nicolas.....	92
Figura 44	Cultivo de hortensias.....	92
Figura 45	Salón Comunal.....	93

Figura 46	Placa polideportiva	93
Figura 47	Capilla La Sonadora	93
Figura 48	Centro Educativo Rural Santa María	93
Figura 49	Estación de servicio	94
Figura 50	Centro de salud	94
Figura 51	Mapeo de actores de la demanda del recurso hídrico	97
Figura 52	Concesiones de acuerdo con información suministrada CAR.....	101
Figura 53	Captaciones autorizadas por CORNARE en la cuenca de la quebrada La Sonadora	102
Figura 54	Metros cúbicos utilizados por los usuarios.....	105
Figura 55	Tipos de usos del agua de los habitantes de la vereda La Sonadora	105
Figura 56	Amenazas del recurso hídrico en la vereda.....	106
Figura 57	Factores que generan transformaciones en el territorio.....	107
Figura 58	Realización de la matriz DOFA.....	116
Figura 59	Realización de la matriz DOFA.....	116
Figura 60	Realización de la matriz DOFA con la junta directiva del acueducto.....	116
Figura 61	Realización de la matriz DOFA con la junta directiva del acueducto.....	116

Índice de siglas

CAR	Corporación Autónoma Regional
DRMI	Distrito Regional de Manejo Integrado
GIRH	Gestión Integrada del Recurso Hídrico
IRCA	Índice de Riesgo de la Calidad del Agua
PBOT	Plan Básico de Ordenamiento Territorial
PDM	Plan de Desarrollo Municipal
PND	Plan Nacional de Desarrollo
POT	Plan de Ordenamiento Territorial
PTAP	Planta de Tratamiento de Agua Potable
PUEAA	Programa de uso eficiente y ahorro del agua

Resumen

Este trabajo de investigación tiene por objetivo el estudio de la incidencia del Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) durante los años 2017-2023, sobre la oferta, demanda hídrica y prestación de servicios del acueducto rural en la vereda La Sonadora. Para ello se recolectó información cuantitativa y cualitativa que dio cuenta de los fenómenos principales asociados al agua con relación a los cambios en el uso del suelo y cómo influyen directamente sobre esta, dando cuenta de las transformaciones territoriales que han pasado en la vereda, así como la determinación e identificación de la oferta y demanda del recurso hídrico del acueducto rural, así como las dificultades, oportunidades, fortalezas y amenazas que tiene la Asociación de Socios del Acueducto y Alcantarillado Sonadora Garzonas del Municipio de El Carmen de Viboral para responder a la demanda de agua. Por último, a través de un análisis de esta relación entre las variables de PBOT, oferta, demanda y prestación de recurso hídrico fue posible identificar la crisis que genera un ordenamiento del territorio que solo responde a las demandas del mercado inmobiliario, así mismo como los desafíos que tiene las asociaciones rurales para garantizar cobertura, calidad, continuidad y el aseguramiento de agua potable a toda la comunidad ante contextos de abruptos cambios territoriales.

Palabras Claves: Plan básico de ordenamiento territorial (PBOT) - Oferta hídrica - Demanda hídrica - Prestación de servicio de acueducto – usos del suelo.

Abstract

This research work aims to study the impact of the Basic Territorial Planning Plan (PBOT) during the years 2017-2023, on the water supply, demand and provision of services of the rural aqueduct in the La Sonadora village. To this end, quantitative and qualitative information was collected that accounted for the main phenomena associated with water in relation to changes in land use and how they directly influence it, accounting for the territorial transformations that have occurred in the area, as well as the determination and identification of the supply and demand of the water resource of the rural aqueduct, as well as the difficulties, opportunities, strengths and threats that the Association of Partners of the Sonadora Garzonas Aqueduct and Sewer of the Municipality of El Carmen de Viboral has to respond to the demand of water. Finally, through an analysis of this relationship between the variables of PBOT, supply, demand and provision of water resources, it was possible to identify the crisis generated by a territorial planning that only responds to the demands of the real estate market, as well as the challenges that rural associations have to guarantee coverage, quality, continuity and the assurance of drinking water to the entire community in contexts of abrupt territorial changes.

Key Words: Basic Land Use Plan (PBOT) - Water supply - Water demand - Provision of aqueduct service - land use.

Introducción

La urbanización ha sido un proceso histórico de transformación territorial en los diferentes países del mundo. Este proceso hace que comunidades rurales dispersas pasen rápidamente a convertirse en zonas urbanas densamente pobladas. Este fenómeno que afecta distintas dimensiones de la vida social de cualquier territorio, incide inevitablemente sobre los cambios en la disponibilidad de la oferta y demanda del recurso hídrico. Asimismo, fenómenos como la deforestación, la expansión de la agricultura, floricultura y ganadería, han aumentado la demanda de agua, alterando así la reserva de acuíferos, aguas subterráneas y superficiales. Al mismo tiempo que esto sucede, la capacidad de garantizar la cobertura de servicios públicos cada día es más restringida.

En el contexto colombiano, (Alarcón García, 2021) menciona que el 52% de la población urbana se ubica en áreas con escasez de oferta hídrica, de esta manera, los temas con relación al agua corresponden a la cantidad y la calidad, los patrones de consumo y la distribución desigual de las concentraciones humanas en el territorio. En el caso del departamento de Antioquia, específicamente en el oriente antioqueño, este se caracteriza por la presencia del sector floricultor e inmobiliario que cada día ha aumentado y con ello, grandes desafíos en el tema hídrico que requieren un trabajo articulado por parte de las administraciones municipales, la autoridad ambiental y los acueductos veredales.

El acceso a agua potable constituye un factor determinante para el desarrollo y bienestar de las comunidades rurales. En este contexto, el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) de El Carmen de Viboral ha sido un referente fundamental para comprender las transformaciones territoriales que ha tenido el municipio en el periodo 2017 a 2023 y como han influido directamente sobre la oferta, demanda hídrica y la prestación de los servicios públicos de los acueductos rurales, en este caso en el de la Vereda La Sonadora. Por esta razón este trabajo de grado tiene por objetivo analizar la incidencia del PBOT sobre la oferta, demanda hídrica y prestación de servicios del acueducto rural en la vereda La Sonadora, lo que permitió describir los usos del suelo, determinar e identificar la oferta y demanda del recurso hídrico en la vereda a partir de información secundaria e indagar sobre las dificultades, oportunidades, amenazas y fortalezas que tiene el acueducto veredal para responder a la demanda de agua.

Para ello se busca abordar diferentes marcos referenciales que permitan un estudio detallado de los antecedentes que han pasado en todo el mundo en cuanto a la planeación y

ordenamiento territorial, al recurso hídrico, el crecimiento urbanístico, desde un contexto internacional y local, así mismo poder conocer como han influido estas dinámicas en la oferta y demanda del agua, también consultar cuales son las principales normas, decretos que rigen en Colombia en cuanto a la ordenanza del territorio y el aprovechamiento del recurso hídrico.

Con relación a la metodología para el presente trabajo es de tipo cualitativo, debido a que promueve el reconocimiento desde el punto de vista de los participantes en relación con su territorio, con el objetivo de profundizar e interpretar la forma en que se percibe el entorno, y permite analizar la incidencia del PBOT del Carmen de Viboral sobre la oferta, demanda hídrica y prestación de servicios del acueducto rural en la vereda La Sonadora entre los años 2017-2023. De esta manera, se considera la recolección de datos cualitativos y cuantitativos que permiten ampliar los análisis de la información y dar cuenta de los objetivos planteados. Para esto, el área de estudio es la vereda La Sonadora en la cual se realiza inicialmente la revisión del PBOT del municipio del Carmen de Viboral del año 2017 enfocado en las características del uso del suelo y los cambios que se han presentado. Luego, se realizará una guía de observación, mapeo de actores, encuestas a usuarios del acueducto, entrevistas semiestructuradas a la administración municipal, autoridad ambiental y sector parcelador; además, la aplicación y análisis de la matriz DOFA para la prestación del servicio de acueducto.

Por consiguiente, todo este estudio arroja resultados importantes para la toma de decisiones del acueducto veredal, como para la administración municipal y la autoridad ambiental en cuanto a disponibilidad y demanda del recurso hídrico; es momento de replantear la idea de que tenemos abundancia de agua, ya que, ante cualquier época de sequía, las empresas prestadoras de servicios, en especial los acueductos veredales son los primeros afectados por la escasez de este recurso; desarrollar políticas que vayan en función de la conservación hídrica y generar proyectos para garantizar la continuidad en el servicio, son retos que se deben trazar a corto, mediano y largo plazo para el bienestar de las comunidades.

1. Planteamiento del problema

Durante la segunda mitad del siglo XX, los acelerados procesos industriales que han vivido los países latinoamericanos han promovido un crecimiento desbordado y desordenado en las principales ciudades. Al respecto, (Gutiérrez Hurtado, 2010) señala que la población mundial en 1950 estaba constituida en un 29% por población urbana y este porcentaje en los últimos 20 años se ha incrementado más del 50%. Este es un fenómeno mundial que ha crecido por diferentes circunstancias, ya que los países con mayor desarrollo económico fueron los pioneros, sobresaliendo en industria y servicios. No obstante, los países latinoamericanos no fueron ajenos a este crecimiento debido al desplazamiento de las comunidades rurales a las urbanas.

En la siguiente tabla se muestra la evolución de las tasas de urbanización a nivel mundial que presenta el autor.

Tabla 1

Evolución tasas de urbanización global

Tasa de urbanización (en %)	1950	1975	2003	2030
Mundo	29,1	37,3	48,3	60,8
Países desarrollados	52,5	67,2	74,5	81,7
Países en desarrollo	17,9	26,9	42,1	57,1

Fuente: Documento la urbanización del mundo.

Por otra parte, América Latina ha sufrido un proceso de urbanización el cual se ha clasificado como explosión urbana. Su población total en 2017 ha sido estimada en 623 millones de personas, de las cuales el 79.5% habita en zonas urbanas, además el aumento poblacional ocurre, principalmente, en el grupo de las ciudades de entre uno y cinco millones de habitantes según expresa. (Montero & García, 2017; citados por Contreras Ortiz, 2021, p.6).

A medida que se produce este fenómeno de urbanización, autores como (Sotelo Núñez, 2013, citado por Contreras Ortiz, 2021, p.6) expresan que existe un “crecimiento exponencial de los sistemas de provisión de servicios de distribución de agua y saneamiento, como medio para aumentar los niveles de cobertura a nivel global”, no obstante, el crecimiento de la población urbana en el mundo también lo hace de una forma apresurada en relación con la cobertura de servicios públicos, limitando la capacidad de garantizar estos mismos.

En el contexto colombiano, (Alarcón García, 2021) menciona que el 52% de la población urbana se ubica en áreas con escasez de oferta hídrica, lo que abre paso a la discusión del recurso hídrico y el proceso de urbanización en dos sentidos: 1) lo relacionado con el ciclo en el proceso natural, en términos de la garantía de la existencia del recurso en el tiempo y en el espacio; y 2) lo asociado a los conflictos generados por el uso humano del recurso y que no solo implica los aspectos naturales, sino todo aquello relacionado con factores administrativos, jurídicos, normativos, ambientales e incluso fiscales.

De esta manera, este mismo autor señala que los temas con relación al agua, corresponden a la cantidad y la calidad, los patrones de consumo y la distribución desigual de las concentraciones humanas en el territorio. En este sentido, la gestión integrada del agua plantea análisis importantes, no solo de la incorporación de los componentes del agua, sino también de la gestión del suelo, de otros recursos naturales y de los ecosistemas en su conjunto, además a los intereses y los conflictos que se generan por el uso del recurso y, finalmente, los procesos de desarrollo económico, social y ambiental. Esta idea, tiene relación estrecha con los impactos que genera la urbanización en el recurso hídrico. En las zonas urbanas el uso del agua se relaciona con los temas como el abastecimiento, acceso, calidad, distribución, uso, recolección, tratamiento y reutilización. Es así como se pone en el centro del debate el agua como factor ordenador de sistemas complejos, más allá de los límites jurisdiccionales.

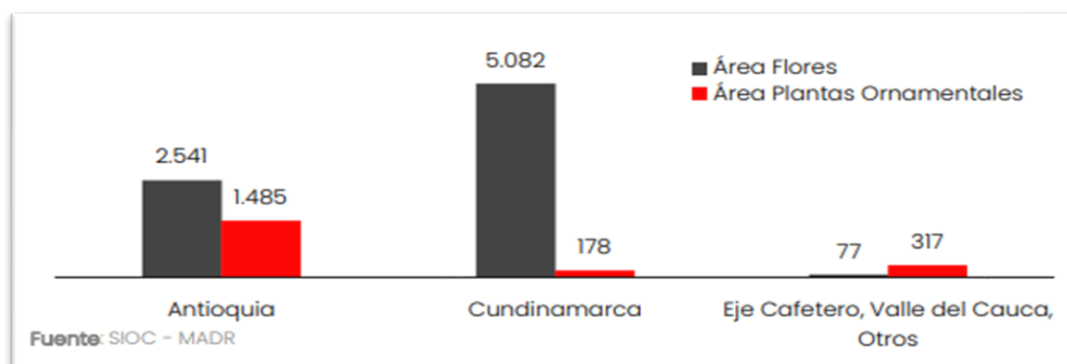
Por otro lado, la presión del recurso hídrico en relación con la salud pública se puede considerar como uno de los principales y más urgentes problemas, por la falta de agua segura, de saneamiento y de higiene. Casi la décima parte de las enfermedades en el mundo podrían prevenirse a través del aumento al acceso de agua potable segura, la mejora de la gestión del agua para reducir los riesgos de enfermedades infecciosas transmitidas por el agua. Lo que podría salvar muchas vidas y se tendrían unos beneficios directos e indirectos muy importantes que van desde la perspectiva microeconómica de las familias a la perspectiva macroeconómica de las economías nacionales. (Organización Panamericana de la Salud-OPS & Organización Mundial de la Salud-OMS, s/f). Por lo tanto, la gestión y la calidad del agua potable es un determinante medioambiental de la salud, ya que ha sido un pilar clave para la prevención primaria durante más de siglo y medio, y sigue siendo la base para la prevención y control de enfermedades transmitidas por el agua.

Otro punto son las actividades productivas que se desarrollan en los territorios y los cuales ponen en evidente riesgo la calidad y cantidad del agua para la prestación de servicio, como es

el caso del cultivo de flores que en Colombia representa un importante sector de la economía. Sus exportaciones traen muchas divisas, aproximadamente 1.328 millones de dólares anuales; sin embargo, este valor no compensa la huella hídrica, el agua virtual y el daño ambiental que deja esta actividad. Por ejemplo, para producir 1 tonelada de flores se gasta en promedio 420 m³ de agua que podrían ser utilizados para suplir las necesidades básicas de los colombianos. (Sectorial S.A.S., 2022).

Figura 1

Distribución de superficie por tipo de producción de flores y follajes (Hectáreas)



Fuente: Documento Informe Sectorial de Flores. (Sectorial S.A.S., 2022).

En el Oriente antioqueño la economía se centra en la floricultura y la agricultura, lo cual ya comienza a tener efectos severos sobre los recursos naturales, sin contar que, cada vez se vienen percibiendo nuevas tendencias de desarrollo económico, como el turismo, la cultura, los servicios, el comercio y la vivienda. Esta situación es la que se presenta en el municipio de El Carmen de Viboral ubicado en el suroriente antioqueño a 54 km de Medellín, específicamente en la zona del Altiplano del Oriente, con una extensión geográfica de 448 km², conformado por 57 veredas y 7 corregimientos, no es ajeno a esta situación y en los últimos diez años, se ha visto un incremento de población urbana en zonas rurales, como es el caso de la vereda La Sonadora, en donde se evidencia este fenómeno, el cual puede explicarse a raíz de diversos aspectos naturales como: el cambio climático que afecta al agua presente en el territorio, desde precipitaciones impredecibles hasta sequías, además los aspectos antrópicos como: la presión urbanística y aumento de cultivos floricultores, los cuales han generado una modificación del paisaje, una demanda alta y una oferta hídrica escasa, lo que incide en la cobertura de servicios públicos y el manejo de aguas residuales. (Sectorial S.A.S., 2022).

Estas problemáticas si bien responden a una tendencia global ambiental y territorial, se promueven en parte, por el ordenamiento territorial del municipio, el cual ha propiciado la construcción de grandes parcelaciones en las veredas, que se caracterizaban por la presencia de población campesina tradicional. Esta situación se puede evidenciar al hacer un análisis del PBOT del municipio, el cual se formuló por primera vez en el año 2007, cuya vigencia se proyectó hasta el año 2017, y luego se formuló uno nuevo cuya vigencia va desde el año 2017 al 2027, que promueve las directrices actuales sobre el ordenamiento territorial, donde se describe que más del 70% del municipio se encuentra en áreas de protección y conservación ambiental; sin embargo, desde los usos del suelo que proyecta parece que esta protección no es del todo respetada, puesto que todo lo que ha permitido el PBOT con respecto al crecimiento urbano en zonas rurales, ha causado el ingreso del mercado de la construcción al municipio, situación que se agrava con la presencia de personas que no son precisamente del territorio. Frente a esto, uno de los gremios inmobiliarios más importante del país, la Lonja, ha expresado que más del 55% de los compradores de vivienda en esta región, no son habitantes de la zona, sino que provienen de los centros poblados más cercanos, como el área metropolitana del Valle de Aburrá. (Vargas Riaño, 2022).

En definitiva, la subregión de Oriente se transformó en el nuevo fuerte de Antioquia en términos de vivienda. La Lonja informó que se vendieron 6.596 unidades residenciales, con corte a septiembre del año 2022, con un 22% más que el año 2020, municipios de los cuales se destaca El Carmen de Viboral por presentar características idóneas tales como el patrimonio natural y cultural, para la compra de tierra y construcción de casas campestres. Una prueba de esta expansión son las ventas que se han dado en los últimos tres años, donde se vendieron 334 lotes urbanizados en nuevos proyectos de parcelación y 1.217 viviendas nuevas, lo que muestra una fuerte demanda en el territorio impulsando su desarrollo. (Vargas Riaño, 2022).

Cabe resaltar que El Carmen de Viboral tiene varias características atractivas para el mercado inmobiliario, entre ellas una amplia oferta de servicios como:

- “Valor del metro cuadrado: de acuerdo con La Haus el costo promedio por metro cuadrado es cercano a los \$3,6 millones.
- Entretenimiento: el teatro es una de las prácticas culturales más fuertes del municipio, con dos festivales anuales.

- Educación: la Universidad de Antioquia hace presencia en el territorio carmelitano con su seccional Oriente.
- Biodiversidad: su altitud desde los 700 hasta los 2.700 msnm, favorece la presencia de diversas especies de fauna y flora". (Gallo, 2022)

Otras características que lo posicionan como un municipio idóneo para la construcción de vivienda son el aire limpio, las amplias zonas verdes y los bajos niveles de criminalidad. Además, cuenta con un amplio patrimonio cultural, una gran riqueza hídrica, y su cercanía con el aeropuerto José María Córdova y sistemas de salud de alto nivel.

Hasta el momento, surge el interés de estudiar a fondo esta situación, haciendo énfasis en la vereda La Sonadora, ubicada en el noroccidente del municipio, la cual, en los últimos veinte años, ha mostrado cambios significativos a partir del aumento de población foránea que de manera directa ha presionado el recurso hídrico y la prestación de los servicios del acueducto comunitario, a tal medida, en que actualmente se hacen racionamientos de agua en épocas de sequía cuando estas son superiores a una semana, lo que afecta la continuidad de la prestación de servicio de agua aproximadamente de 6 a 8 horas diarias.

Con lo dicho hasta aquí, es importante indagar ¿De qué manera el PBOT de El Carmen de Viboral impacta sobre la oferta, demanda hídrica y prestación de servicios del acueducto rural en la vereda La Sonadora entre los años 2017- 2023?, con el fin de determinar la incidencia de factores relacionados con el mercado inmobiliario, el cambio climático, la salud pública y el ordenamiento territorial sobre la oferta, demanda y administración del recurso hídrico en una vereda como La Sonadora, que siendo un estudio de caso, puede convertirse en un punto de análisis para comprender la latente crisis ambiental global.

1.1 Pregunta de Investigación

¿Cuál es la incidencia del PBOT del Carmen de Viboral sobre la oferta, demanda hídrica y prestación de servicios del acueducto rural en la vereda La Sonadora entre los años 2017-2023?

2. Justificación

Este trabajo parte de la preocupación por comprender cuál es el impacto que tiene el PBOT del Carmen de Viboral sobre la oferta, demanda hídrica y prestación de servicios del acueducto rural en la vereda La Sonadora, y entender así cómo estas repercusiones han influido directamente sobre la calidad en la oferta, demanda hídrica y prestación de servicios de las personas oriundas de la vereda. Este tema es de gran importancia para los profesionales en administración ambiental y sanitaria, ya que permite analizar y plantear acciones que puedan promover iniciativas que involucren a la comunidad activamente en la gestión del recurso hídrico donde se encuentra la cuenca abastecedora, enseñar a la comunidad para que tengan una concepción del agua como un bien público, así como desde la promoción de la educación ambiental que permita identificar acciones para que los consumidores del agua puedan hacer rehúso de esta y establecer mejores sistemas de cuidado con la misma.

También es pertinente que la comunidad en general pueda conocer el estado actual por el que atraviesa el recurso hídrico y que se convierte en un problema para la satisfacción de la demanda de agua que presta el servicio de acueducto, para que se sientan partícipes de la problemática y puedan llegar a posibles soluciones, teniendo más sentido de pertenencia por la asociación y evitando que este caiga en manos de entidades privadas por su déficit de prestación de servicios, igualmente que sean conscientes de la preservación de sus propios recursos naturales, ya que son ellos quienes sufren las repercusiones directas de estas problemáticas que se vienen desencadenando en la Vereda, y quienes deben velar porque se cumplan sus derechos fundamentales.

De igual manera la administración municipal y las Autoridades Autónomas Regionales, cumplen un papel fundamental en la garantía de los derechos, y por ello es importante que conozcan esta información, para que a partir de este puedan replantear las necesidades de la comunidad de la vereda La Sonadora, en cuanto a oferta y demanda del recurso hídrico y frente a la ordenanza del territorio, favoreciendo los intereses que puedan beneficiar a toda la comunidad y no intereses particulares donde se pone en riesgo la integridad de la garantía del recurso hídrico, indispensable para la supervivencia tanto del ser humano, como para la preservación de toda la biodiversidad presente.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Analizar la incidencia del Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) de El Carmen de Viboral sobre la oferta, demanda hídrica y prestación de servicios del acueducto rural en la vereda La Sonadora entre los años 2017- 2023.

3.2 Objetivos Específicos

- Describir los usos del suelo impulsados por el PBOT en la vereda La Sonadora de El Carmen de Viboral.
- Determinar la oferta del recurso hídrico en la vereda La Sonadora a partir de información secundaria y primaria.
- Identificar la demanda del recurso hídrico de la vereda La Sonadora a partir de información secundaria.
- Indagar sobre las dificultades, oportunidades, amenazas y fortalezas que tiene el acueducto veredal para responder a la demanda de agua en la vereda La Sonadora.

4. Marco referencial

4.1 Referentes Conceptuales

Para analizar la incidencia del Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) de El Carmen de Viboral sobre la oferta, demanda hídrica y prestación de servicios del acueducto rural en la vereda La Sonadora, es fundamental contextualizar este estudio en la amplia literatura nacional e internacional que aborda la relación entre ordenamiento territorial con el recurso hídrico, así por ejemplo se evidencia trabajos como el de (Motta Vargas, 2015) quien en su artículo “Prioridades ambientales en la región central de Colombia y su problemática en el recurso hídrico” señala la amenaza de la degradación ambiental debido a la escasez de agua en los próximos años. El autor destaca como, desde 2001, se ha buscado fortalecer las instituciones del Sistema Nacional Ambiental -SINA para abordar estas prioridades en las regiones, promoviendo una mayor participación comunitaria en la gestión del agua para garantizar su sostenibilidad a largo plazo.

El análisis de este artículo permite identificar los puntos críticos de la problemática en el Oriente Antioqueño, incluyendo los conflictos de uso del suelo y los impactos de la planificación urbana inadecuada en las zonas ribereñas, que afectan el saneamiento y la disponibilidad del recurso hídrico. A partir del diagnóstico que se presenta en este caso, se puede determinar qué actores estratégicos intervienen en la recuperación del recurso hídrico como lo son las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), las asociaciones de acueductos y las alcaldías, con el fin de adquirir terrenos e implementar planes de saneamiento y vertimientos. En última instancia, se destaca la importancia de involucrar activamente a la comunidad en la gestión del agua para lograr una verdadera autonomía regional y garantizar la protección a largo plazo de este recurso vital.

Otros aportes al respecto los hace (Vásquez Santamaría, 2014) quien en su artículo “Transición del ordenamiento territorial y tratamiento del recurso hídrico: algunos determinantes desde el caso de Medellín” aborda principalmente el marco constitucional de 1991 en relación con la organización del territorio, así como el papel de los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) y los Planes de Desarrollo Municipal (PDM) en la que se presenta los fenómenos sociales y territoriales en la planificación. Estos instrumentos son destacados como ejemplos de avances jurídicos en el ordenamiento territorial, pero se señala que, a menudo, están influenciados por

intereses políticos y no logran satisfacer las necesidades reales de la población y el medio ambiente. Vásquez, también subraya que, con el paso del tiempo, los POT requieren revisión y ajustes para adaptarse a los cambios en el contexto nacional. En este contexto, destaca el tratamiento del recurso hídrico como un eje transversal en la planificación urbana, particularmente en Medellín, donde se considera un componente esencial del espacio público. En resumen, el artículo enfatiza la importancia del recurso hídrico en la planificación urbana y territorial.

Por otro lado, es importante destacar que autores como (Rico Amorós & Hernández Hernández, 2008) abordan el tema de la “Ordenación del territorio, escasez de recursos hídricos, competencia de usos e intensificación de las demandas urbano-turísticas en la Comunidad Valenciana”. En sus análisis, resaltan la problemática de la escasez del agua en el Estado de Valencia y cómo este ha recurrido a fuentes no convencionales, como la reutilización de aguas residuales y la desalinización, para satisfacer sus necesidades. Sin embargo, señalan que estas soluciones son costosas y dependen de la importación de agua desde otras regiones con mayor disponibilidad. En cuanto a los usos del suelo en Valencia, destacan la predominancia de usos residenciales, industriales, agrícolas, turísticos y urbano-turísticos. Específicamente, evidencian que los usos urbano-turísticos están desplazando los usos agrícolas, tanto en el interior de la ciudad para la expansión metropolitana como en las zonas costeras y rurales para promover el turismo y estimular la economía local. Además, afirman que “La alteración en el régimen natural de ríos y acuíferos, las actuaciones humanas han propiciado que los consumos de agua crecieran en ocasiones por encima de las posibilidades de los recursos disponibles, lo cual ha aumentado la vulnerabilidad de los sistemas de suministro frente a situaciones de sequía.

“En este contexto de escasez natural de agua y de intensificación de las demandas, se evidencian las tensiones entre los usuarios para acceder a los recursos de mayor calidad especialmente los de procedencia subterránea, que resultan vitales para garantizar los abastecimientos de agua potable.” A través de esta cita, se comprende la grave problemática de la disminución del agua que se observa en la actualidad. A pesar de los estudios y cálculos que proyectan la escasez de agua dulce para el año 2050, en muchos lugares del planeta se está experimentando una reducción considerable de este recurso hídrico en la actualidad. Esto se agrava con el aumento de la demanda, la expansión de construcciones y el crecimiento poblacional. Es evidente una deficiencia en la gestión del recurso hídrico y en la planificación del territorio en el estado de Valencia, donde se prioriza la economía sobre los recursos que son vitales para el abastecimiento de la población.

Por su parte, (Zamudio Rodríguez, 2012) expone en su “Artículo sobre la Gobernabilidad del recurso hídrico en Colombia”, que la crisis y la gestión del agua realizada por el gobierno Colombiano, enfatiza la gobernabilidad como un elemento fundamental y de inmediata aplicación, se promulgó el agua como un derecho esencial de los seres humanos, no como una mercancía ni un recurso renovable, pero el gobierno Colombiano y los grupos encargados de manejar este recurso han estado dispersos, no han llegado a un acuerdo donde todos apliquen el mismo concepto ni sean tan notorias las diferencias, las cuales han provocado disminución y deterioro del recurso hídrico. Asimismo, se habla del foro Alternativo del Agua donde se identificó como un bien de uso público y se establecieron planes, programas de protección, manejo de recursos renovables, entre ellos el agua, integrados a los planes y programas generales de desarrollo económico y social. De la misma manera se quiere para Colombia la efectiva gestión del agua y el equilibrio entre las dimensiones social, económica y ambiental, con el fin de que haya armonía y prosperidad en el país. Es de resaltar la percepción errónea sobre la abundancia y riqueza hídrica del país que tienen los colombianos, ya que se imaginan que por el hecho de pagar más se puede gastar en mayor cantidad el recurso, esto ha contribuido a su disminución y calidad.

Los análisis de (Zamudio Rodríguez, 2012) respecto a la crisis de gobernabilidad de los recursos hídricos en Colombia se puede dividir en tres aspectos, primero, el desconocimiento de la experiencia, el contexto internacional y las oportunidades que tiene el país frente a estos escenarios, segundo, la percepción errónea sobre la abundancia y la riqueza hídrica del país y tercero, la descoordinación de la toma de decisiones, de la aplicación o creación de cada una de las políticas y normas hídricas, así como su falta de presencia en la comunidad local. Esto refleja que, aunque la gobernabilidad del agua y sus reglas puedan parecer fáciles de definir, su implementación se vuelve complicada. Sin embargo, cada aspecto puede mejorarse con un mayor apoyo y gestión de los recursos actuales y futuros, así como una mejor comunicación con los consumidores, partes interesadas y responsables de las acciones relacionadas con el recurso hídrico.

Es importante destacar del artículo que las principales presiones que afectan al recurso hídrico están vinculadas con factores demográficos, económicos y sociales. El crecimiento acelerado de la población mundial conlleva una mayor demanda de agua dulce, especialmente en países del sur que experimentan estrés hídrico y tienen acceso limitado a agua potable y condiciones sanitarias deficientes. En el caso de Colombia, que cuenta con abundantes recursos

naturales, pero enfrenta desafíos en su gestión y regulación, es necesario que el gobierno intensifique sus esfuerzos para proteger el recurso hídrico. Se requiere una acción más rigurosa para fortalecer la preservación y garantizar la disponibilidad de agua.

El autor (Delgado Munevar, 2015) aborda la problemática del recurso hídrico en su artículo de investigación sobre la "Gestión y valor económico del recurso hídrico", exponiendo los diversos problemas que afectan este recurso vital para la vida. Destaca la falta de valoración del agua y la escasez resultante del crecimiento poblacional, la urbanización descontrolada y la expansión de actividades como la agricultura, la industria y el riego. Asimismo, resalta los altos niveles de contaminación que comprometen la calidad del agua. El autor propone la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH) como una solución que busca coordinar el uso del agua, el suelo y los recursos relacionados para maximizar el bienestar económico y social sin comprometer la sostenibilidad del ecosistema. Se basa en tres principios fundamentales: equidad, eficacia y sostenibilidad, con el objetivo de garantizar un uso sostenible del agua, un acceso equitativo al recurso y su uso eficiente en beneficio de la comunidad. Es importante reconocer que el agua es un recurso de gran valor que puede determinar la riqueza de los países en el futuro, y su uso indiscriminado representa un riesgo para la supervivencia tanto presente como futura de la población mundial.

Los autores (Domínguez Calle et al., 2008) en su artículo "Relaciones demanda-oferta de agua y el índice de escasez de agua como herramientas de evaluación del recurso hídrico colombiano", destacan tanto la abundancia hídrica del territorio como los conflictos surgidos por los diversos usos del suelo, que van desde la ganadería y la pesca hasta la urbanización y la recreación, así como la necesidad de proteger este recurso. Resulta paradójico que, en Colombia, las zonas de mayor desarrollo socioeconómico enfrenten escasez de agua mientras que las áreas con abundancia hídrica carecen de suficiente demanda. Este fenómeno resalta la importancia de garantizar la prestación de servicios públicos esenciales, especialmente en lo referente al saneamiento básico. Según evaluaciones del IDEAM, la disponibilidad de agua por habitante ha disminuido de aproximadamente 60,000 m³ en 1985 a 40,000 m³ en el año 2000, principalmente debido al crecimiento poblacional del país. Este crecimiento demográfico ejerce una gran presión sobre el recurso hídrico, dando lugar a una serie de impactos ambientales, como el crecimiento descontrolado de asentamientos humanos y el manejo inadecuado de aguas residuales y residuos sólidos, que contaminan las fuentes de agua. Esta situación refleja una escasez de agua no tanto por la falta del recurso en sí, sino por la baja calidad del agua, que la hace no apta para el consumo humano. Por lo tanto, aunque Colombia posea una abundancia

de agua, es crucial abordar el crecimiento desmedido y desordenado, así como las necesidades específicas de cada territorio, mediante políticas y planificaciones adecuadas a nivel municipal para evitar un déficit de agua en el futuro.

Finalmente, según (González, 2017) en su artículo “Desafíos de la gobernanza ambiental: una aproximación a las implicaciones de la Gestión Integrada del Recurso Hídrico en Colombia” expresa que hay una falta de control por parte de las autoridades ambientales con relación al aprovechamiento hídrico ya que, de acuerdo con el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hay más de 150.000 captadores de agua de los cuales solo un tercio tiene permiso para realizar esa acción. Además, los entes territoriales tienen el reto de resolver las problemáticas en torno a los recursos naturales como la del agua, desde modelos de gobernanza que dinamicen la administración de este, simultáneamente con las comunidades, logrando una articulación, donde sea deseable el acompañamiento permanente de estas entidades.

En relación con la oferta hídrica, es definida como la cantidad de agua disponible en un territorio determinado, proveniente principalmente de fuentes naturales, por su parte la demanda hídrica, representa el consumo de agua para diversos usos como el doméstico, agrícola e industrial. La oferta y demanda se afectan por factores naturales como la precipitación, la evaporación y el caudal de los ríos, así como por factores antrópicos como el crecimiento poblacional, el desarrollo agrícola, la industrialización, la contaminación y el cambio climático. El análisis de estas variables es esencial para la administración ambiental, ya que permite evaluar la disponibilidad del recurso hídrico, identificar zonas de escases, planificar su gestión, evitar conflictos por los diferentes usos y proteger los ecosistemas acuáticos. En definitiva, comprender la oferta y demanda hídrica es fundamental para garantizar un uso sostenible del agua a largo plazo.

Por su parte, un acueducto veredal es una organización comunitaria que se encarga de la captación, tratamiento y distribución de agua potable en zonas rurales, se caracteriza por su gestión autónoma por parte de los miembros de la comunidad, quienes se encargan de su operación, mantenimiento y administración. Se diferencia de las empresas prestadoras de servicio público por su constitución jurídica, ya que esta puede ser o no formal, su estructura organizacional cuenta con una mesa directiva elegida por los delegados, que estos a su vez son electos por todos los socios de la asociación. Su financiación se basa en el aporte de los usuarios, cuotas de mantenimiento y en algunos casos entidades gubernamentales. Además, la supervisión y control acorde a su constitución.

La vereda La Sonadora cuenta con una Asociación de Socios del Acueducto y Alcantarillado Sonadora Garzonas, este fue fundada hace aproximadamente 40 años, el cual ha garantizado el acceso al agua potable para la población veredal. Está conformado por una junta directiva y presidida por su representante legal, constituida ante cámara y comercio. La Asociación ha experimentado un crecimiento sostenido, para el año 2017 sus asociados eran 630, en el presente año se tienen 830 asociados legalizados y 150 con conexiones irregulares, para un total de 980 suscriptores, es decir 3.920 usuarios. El consumo mensual aprobado por estatutos es de 29 metros cúbicos por suscriptor, superando lo establecido en la norma.

Para concluir, es importante que los prestadores de servicio de acueducto y la comunidad, identifiquen a la autoridad ambiental como un aliado para fortalecer los procesos de gobernanza, de protección del recurso hídrico y el control en sus territorios con relación a los usos del suelo, los determinantes ambientales. Además, los entes territoriales deben fortalecer y promover la participación para el mejoramiento de los procesos con relación a la oferta, disponibilidad, protección, gestión y calidad del agua.

4.2 Referentes Normativos

4.2.1 *Planeación y Ordenamiento Territorial*

La Constitución Política del 91 en su artículo 38 menciona la organización e integración de una comisión de ordenamiento territorial, la cual realizará estudios para la adecuada división del territorio del país, además de su vigilancia y control. Asimismo, en el artículo 288 expresa la Ley Orgánica de ordenamiento territorial y la manera como se distribuyen las competencias entre la Nación y las entidades territoriales, estas serán ejercidas conforme a los principios de coordinación, concurrencia y subsidiariedad en los términos que establezca la ley. (Constitución Política de la República de Colombia, 1991).

Posteriormente, se creó la Ley 152 de 1994, esta promulgó la Ley Orgánica del plan de desarrollo y contiene las directrices para establecer el Plan Nacional de Desarrollo el cual busca la planeación, crecimiento y mejoramiento del país. Conformado por una parte estratégica y un plan de inversiones que incluye plan financiero, operativo y presupuestal anual. (Ley 152,1994).

Así, la Ley 388 de 1997 conocida como la Ley de desarrollo territorial, trata de realizar una integración o trabajo en equipo con los entes y autoridades territoriales de cada municipio para el adecuado ordenamiento de su territorio, el uso equitativo y racional del suelo. Esta ley creó los Planes de Ordenamiento Territorial que se clasifica en tres tipos planes: Plan de Ordenamiento Territorial (POT), Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) y Esquema Ordenamiento Territorial (EOT) y que se asignan según la cantidad de habitantes de cada municipio y el presupuesto público. Esta es una herramienta de planeación física del territorio y su uso del suelo, que debe contener mecanismos para su desarrollo, tiene tres contenidos con vigencia a corto, mediano y largo plazo, es decir 4, 8 y 12 años, y finalizada cada vigencia se debe actualizar según las necesidades de cada municipio. (Ley 388, 1997).

De igual manera, la Ley 614 de 2000 crea los comités de integración territorial para la adopción de los POT, los cuales son los encargados del apoyo, cumplimiento, en coordinación y armonía con los demás entes del municipio. (Ley 614, 2000).

Con relación a la Ley 1454 de 2011 esta se encarga de dictar normas orgánicas para la organización político-administrativa del territorio colombiano, integrar diferentes entidades y definir competencias en el manejo de ordenamiento territorial. Además, busca facilitar el desarrollo institucional y territorial, con el fin de proveer un desarrollo competitivo, justo, armónico, ambiental y fiscalmente sostenible. (Ley 1454, 2011).

Por último, en el ordenamiento el Decreto 1232 de 2020 adiciona al Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, en el título 1 algunas definiciones importantes para la planeación del ordenamiento territorial. (Decreto 1232, 2020).

4.2.2 Recurso Hídrico

A través del Decreto 2811 de 1974 se promulga el Código Natural Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, se ocupa de la preservación, restauración y conservación del ambiente, con el fin de prevenir y controlar la explotación de los recursos naturales, además de regular la conducta humana, individual o colectiva. En su artículo 1 menciona que el ambiente es un patrimonio común y es el deber de todos cuidarlo y preservarlo para gozar de todo lo que nos brinda. En su artículo 9 habla sobre el uso de los recursos naturales, estos deben usarse de manera eficiente, sin perjudicar el interés general de la

comunidad, evitando el agotamiento o deterioro y de tal manera que contribuya al desarrollo. Adicional en el artículo 70 enuncia de la adquisición de terrenos para la captación, almacenamiento y tratamiento de agua potable y residual. Por último, en el artículo 89 recuerda que la concesión de agua para aprovechamiento está sujeta a la disponibilidad y disposiciones del presente decreto. (Decreto 2811, 1974).

Además, la Resolución 1575 de 2007 crea el sistema de protección que busca prevenir, controlar y monitorear la calidad del agua y los riesgos para la salud humana por su consumo, además, establece las responsabilidades a las entidades que conforman el sistema de vigilancia y control, Instrumentos básicos para garantizar la calidad del agua para consumo humano entre los cuales están Índice de riesgo de la calidad del agua – IRCA, Índice de riesgo municipal por abastecimiento de agua – IRABAm, mapa de riesgo de la calidad de agua. Asimismo, los procesos básicos del control y la vigilancia. (Decreto 1575, 2007).

Por su parte, la Resolución 2115 de 2007 en la cual se señalan características que regulan los parámetros, máximos y mínimos permitidos que debe cumplir el agua potable, mediante características físicas de color, olor, sabor, turbiedad, conductividad, pH, características químicas como el calcio, cloruro, aluminio, entre otras y características microbiológicas como la presencia de coliformes totales y escherichia coli. Además, describe los instrumentos básicos, frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. (Resolución 2115, 2007).

Por otro lado, el 26 de mayo del 2015 se creó el Decretó Único Reglamentario 1076 con dos finalidades, la primera realizar un compilado de toda la normatividad relacionada con el sector ambiente, la segunda es facilitar a la ciudadanía el conocimiento y entendimiento de las normas, para llevar a cabo el ejercicio de sus derechos y el cabal cumplimiento de sus deberes. En el capítulo 9 títulos 3 y 4, hablan de todo lo relacionado con el recurso hídrico. (Decreto 1076, 2015).

También existe la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (PNGIRH) esta se orienta principalmente hacia el desarrollo y aplicación de acciones que, articuladas con el ordenamiento territorial y la planificación del desarrollo, favorece el uso eficiente del agua, previniendo la contaminación de esta misma, garantizando su manejo responsable por parte de autoridades públicas y usuarios, contribuyendo al perfeccionamiento y aplicabilidad de instrumentos económicos y normativos requeridos para garantizar su cumplimiento, propiciando

la construcción de estrategias que faciliten la armonización de los componentes naturales, sociales y económicos del sistema ambiental; en aras de que las perturbaciones causadas sobre los ecosistemas no alteren de forma significativa su estructura y procesos naturales. (Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, 2010).

Es así como el primer componente centra su atención en la ordenación ambiental del territorio a largo plazo y hace énfasis en la planificación del uso coordinado del suelo, las aguas, la flora y la fauna, en el manejo del recurso hídrico (entendido como la ejecución de obras y actividades de tratamiento) a fin de asegurar la resiliencia de los ecosistemas y la gestión del riesgo. El segundo componente contiene la gobernabilidad que encuentra aspectos relativos al fortalecimiento de mecanismos de participación en los procesos de planeación, ordenación y manejo, la promoción de una cultura del agua, el manejo de conflictos entre usuarios y el fortalecimiento institucional; comprendido este último como la necesidad de mejorar las capacidades administrativas de las entidades públicas ambientales, revisar las normativas relativas a la gestión de las aguas, promover iniciativas que posibiliten la obtención de insumos e información para el ajuste de los planes y la importancia de la priorización de acciones para garantizar la sostenibilidad financiera de la GIRH.

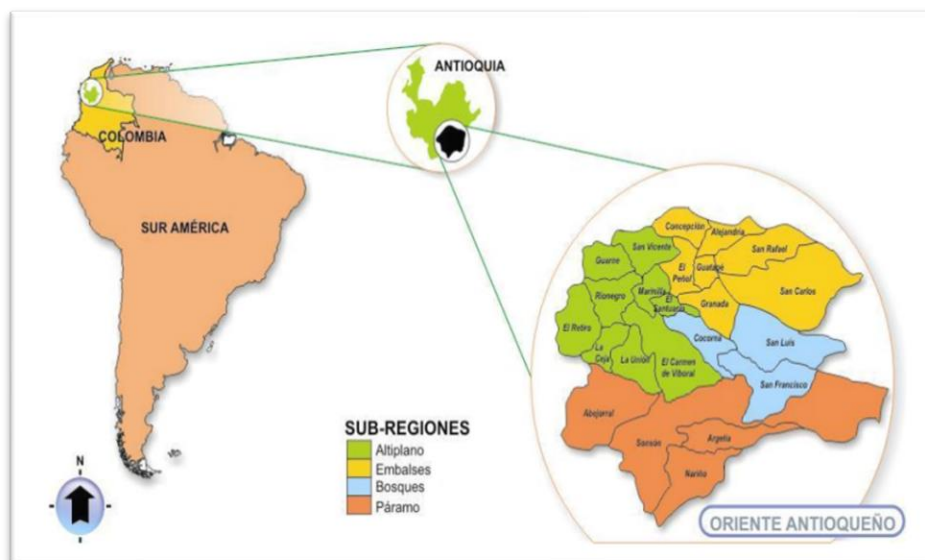
Con respecto a la Ley 142 de 1994 es la encargada de regular los servicios públicos en Colombia, sus propósitos más relevantes son: ampliar la cobertura de la prestación a todas las personas, lograr la eficiencia de las tarifas y aumentar los niveles de calidad en la prestación de servicios. Está compuesta por diez títulos, los primeros cinco tienen como objetivo exponer la legislación en lo que se refiere a los principios generales, el papel que cumplen las entidades prestadoras de servicios públicos, así como el régimen y contratos de la empresa. El resto de los títulos se centran en el régimen tarifario, la empresa, los procedimientos administrativos, y como debe ser la contratación de las empresas prestadoras de los servicios públicos. (Ley 142 de 1994).

4.3 Marco Geográfico

El Carmen de Viboral está ubicado en el Valle de San Nicolás en el oriente antioqueño, limita por el norte con los municipios de Marinilla y Rionegro, por el oriente con los municipios de El Santuario y Cocorná, por el occidente con los municipios de La Ceja, La Unión y Abejorral y por el sur con el municipio de Sonsón.

Figura 2

Ubicación territorial del municipio de El Carmen de Viboral



Fuente: Plan de desarrollo El Carmen de Viboral. “Prosperidad y buen gobierno”. 2012 – 2015

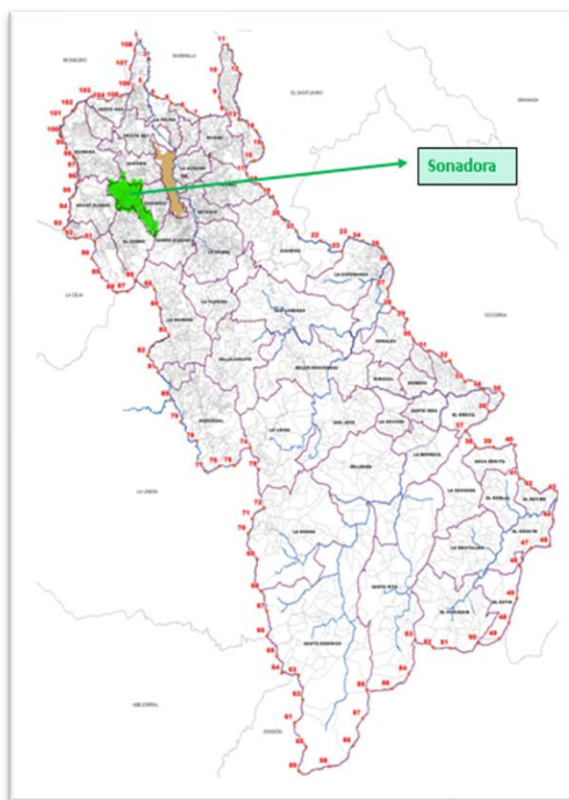
Se encuentra situado a 54 km de Medellín, específicamente en la zona del Altiplano del Oriente, posee una extensión geográfica de 448 km² y está localizado en la cordillera central de los Andes, posee tres pisos térmicos, su altitud varía entre los 800 m y los 3000 m s. n. m., lo que permite toda clase de cultivos tales como: frijol, papa, maíz, aguacate, tomate de árbol, mora, legumbres, hortalizas, plantas aromáticas y flores de calidad exportación. (Grupo Gestión del Riesgo Oficina de Control Estratégico – CORNARE, 2012). La economía del municipio se centra en la agricultura, el comercio y la industria de la cerámica.

Conformado por 55 veredas con 10 núcleos zonales los cuales son: Las Garzonas, Campo Alegre, La Chapa, La Madera, La Esperanza, Santa Inés, El Retiro, Santa Rita y Aguas Claras, en este último se encuentra la vereda La Sonadora, la cual su economía se basa en los cultivos de hortensias como la principal fuente de trabajo y de ingresos; sin embargo, desde ya se perciben nuevos polos de desarrollo económico como, el comercio y la vivienda. (Concejo Municipal de El Carmen de Viboral, 2017).

La vereda La Sonadora se divide en dos zonas: alta y baja, en la parte alta se encuentra la fuente de abastecimiento del acueducto veredal, la planta de tratamiento de agua potable y viviendas, en la parte baja se encuentra la planta de tratamiento de agua residual y el resto de las viviendas de la vereda.

Figura 3

Ubicación vereda La Sonadora



Fuente: PBOT El Carmen de Viboral, 2017.

Con relación, a los nacimientos de agua de la vereda La Sonadora estos se localizan a una altura máxima de 2650 msnm donde la microcuenca abastecedora del sistema tiene un área de influencia aproximada de 226.25 ha, de las cuales 23.9 ha pertenecen al acueducto, y han sido catalogados por el PBOT del municipio de El Carmen de Viboral como zona de protección en la zona alta de la microcuenca, además del Acuerdo 323 del 01 de Julio de 2015 emitido por

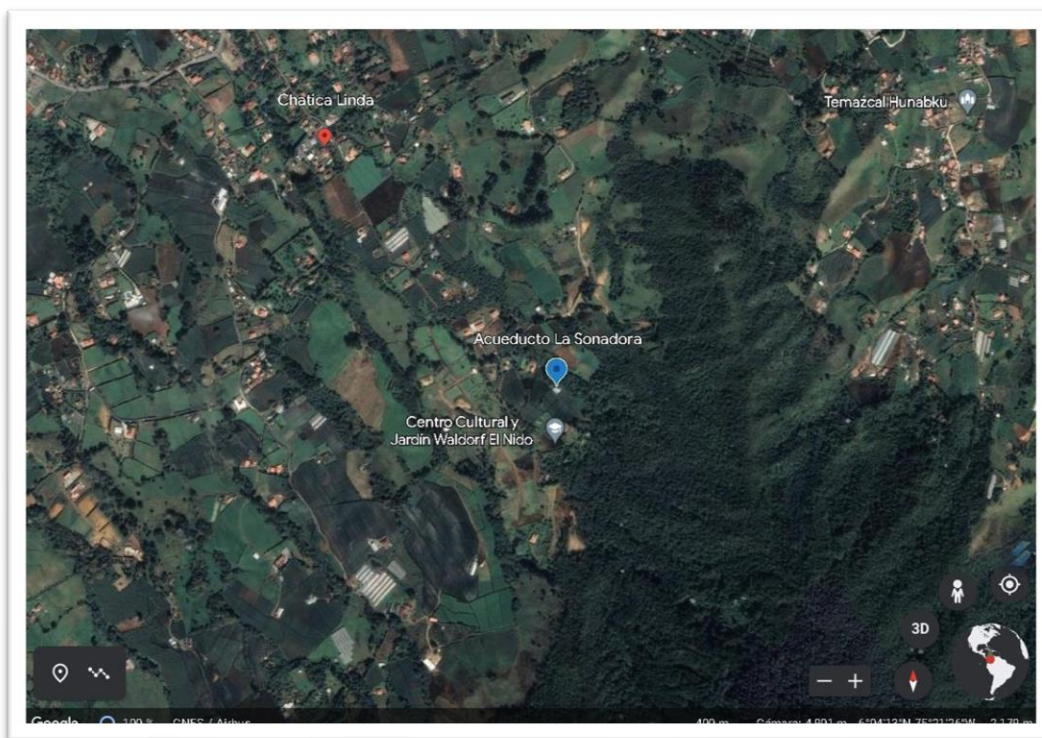
Cornare, menciona que el área restante de 202,35 ha cuenta con diferentes usos. (Valencia & Fonseca Vera, 2020).

La fuente abastecedora del acueducto es denominada como la quebrada La Sonadora, con un caudal otorgado de 3.8 L/s, cuenta con una bocatoma de fondo ubicada en un dique transversal sobre la quebrada, de esta manera es conducida a la caja de derivación de concreto a una distancia aproximada de 1 metro, por medio de un tubo de 6 pulgadas luego se reduce a una manguera de 4 pulgadas que conduce el agua a un desarenador. El desarenador, el cual retiene material grueso, se conecta con un vertedero rectangular, donde se deriva el caudal otorgado e ingresa a otro desarenador para eliminar partículas finas, posteriormente entrega a la planta de tratamiento y aguas abajo se encuentra los tanques de almacenamiento con las siguientes capacidades: un tanque de 35m³, 100m³, 130m³, el agua ingresa a dos filtros retro lavadores, se les dosifica cloro, se contabiliza el agua mediante macro medidores y finalmente es distribuida. También cuenta con dos plantas de tratamiento de aguas residuales, una ubicada en Sonadora parte baja y la otra en el sector Granadillo; estas son manipuladas por dos operarios. (Acueducto Sonadora-Garzonas, 2021)

La Asociación de Socios del Acueducto y Alcantarillado Sonadora Garzonas, se fundó hace aproximadamente 40 años y nació como respuesta a las necesidades de agua potable de las comunidades de las veredas Sonadora y Garzonas; es una organización de base comunitaria sin ánimo de lucro. Está conformado por la Junta Directiva, actualmente su representante legal es la señora Fabiola Gil Correa y un 10% de los asociados son delegados, ratificados mediante Asamblea. Para el año 2017 sus asociados eran 630, en el presente año se tienen 830 asociados legalizados y 150 con conexiones irregulares, para un total de 980 suscriptores, es decir un total 3.920 usuarios. El consumo mensual aprobado por estatutos es de 29 metros cúbicos por suscriptor.

Figura 4

Ubicación del acueducto La Sonadora



Fuente: Google Earth Pro, 2023

5. Metodología

Considerando la pregunta de investigación planteada para este trabajo, se determina que se trata de un estudio de tipo correlacional, que según Sampieri “se refiere a aquellos que, tienen como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular. En ocasiones sólo se analiza la relación entre dos variables, pero con frecuencia se ubican en el estudio vínculos entre tres, cuatro o más variables” (Hernández Sampieri et al., 2014). Aspecto que, aplicado a este estudio, es posible su aplicación debido a la necesidad de relacionar variables tales como: oferta, demanda, prestación del recurso hídrico con el instrumento de ordenamiento territorial, con el fin de dar respuesta a la pregunta sobre su incidencia, lo que en otras palabras alude, a la relación de un factor sobre otro.

De esta manera, y considerando este tipo de estudio, se estableció un método que integra instrumentos de investigación de base tanto cuantitativa como cualitativos, lo cual, comúnmente se entiende como un método mixto de investigación, cuyo postulado central, como lo expresa Núñez, “radica en la retroalimentación de los métodos cualitativos y cuantitativos dentro de una perspectiva metodológica única y coherente, que permitiría un nivel de comprensión del objeto investigativo (y, por ende, de los resultados) más cercana a la complejidad de fenómeno”. (Núñez Moscoso, 2017).

Es así como bajo la intención de dar cumplimiento a los objetivos planteados en este trabajo, se integran distintos instrumentos, que respondiendo a una base cualitativa y/o cuantitativa permiten mayor nivel de aproximación a la comprensión de la relación entre las variables, y, por ende, un análisis de caso que responde de manera más precisa, al contexto de estudio.

Con base en lo anterior se detallan las siguientes fases metodológicas que contemplan la aplicación de los instrumentos, población objeto y técnica de muestreo.

5.1 Fases de la Metodología

Fase 1: Análisis de la zona de estudio

El área de estudio es la vereda La Sonadora en la cual se realizó inicialmente la revisión del PBOT de El Carmen de Viboral del año 2017 a través de unas fichas de lectura, enfocado en las características del uso del suelo y los cambios que se han presentado (Anexo 01. Ficha de lectura PBOT). Luego, se realizó un recorrido de observación identificando lugares establecidos en el PBOT como de protección ambiental, social y cultural, además, actividades económicas principales, identificación de centros poblados y servicio de acueducto; con el fin de conocer el territorio desde el instrumento de planificación y las dinámicas reales actuales en campo. Anexo 02. Guía de observación en campo.

Se solicitó a la autoridad ambiental Cornare mediante un correo electrónico información de la quebrada La Sonadora como: la oferta hídrica, histórico de aforos, concesiones de aguas y el RUR -H Registro Único del Recurso Hídrico, de igual manera se pidió al acueducto el histórico de aforos de la fuente.

En este punto, se pretendió manejar la información recopilada durante el análisis con prudencia, esto quiere decir: no publicar información que ponga en riesgo la integridad de los habitantes de la vereda o el acueducto.

Fase 2: Identificación de actores claves

La identificación de estos actores es importante, ya que permitió tener un acercamiento a la comunidad y a las entidades involucradas con el fin de reconocer las problemáticas en cuanto a oferta, demanda y prestación del servicio del recurso hídrico, por otra parte, fortalecer los procesos de gobernanza y el control en el área de estudio con relación al recurso hídrico.

Se llevó a cabo a través de una observación al territorio y un mapeo de actores en el área de influencia con la finalidad de determinar los diferentes actores presentes y conocer su percepción frente a las dinámicas actuales con relación al uso del suelo, ver Anexo 03. Mapeo de actores. Con base en ello, se definió la siguiente población objeto:

Población objeto:

- Acueducto Comunitario: Por tratarse del único acueducto de la vereda se define como un tipo de muestra unitario.
- Alcaldía municipal: Solo se tuvieron en cuenta los funcionarios asociados de manera directa al PBOT de la secretaria de planeación.
- Comunidad en general de la vereda La Sonadora: Para ello, se establecieron métodos de muestreo que incluyó la técnica referenciada como bola de nieve. Es un tipo de muestreo que se utiliza cuando los participantes son difíciles de encontrar o la muestra es limitada, se inicia con una o dos personas lo ideal es que estas recomienden otras personas que pueden realizar el ejercicio y así sucesivamente hasta alcanzar la muestra requerida. (Velázquez, 2020)
- Corporación Autoridad Regional: Cornare es la autoridad ambiental del Oriente Antioqueño, el municipio de El Carmen de Viboral se encuentra en esta jurisdicción, su relación directa sobre el control de los recursos naturales y los determinantes ambientales lo hacen parte fundamental en esta investigación.
- Sector parcelador: este sector es de gran importancia en el desarrollo de la vereda por su influencia, además puede generar problemas como la pérdida de biodiversidad, la fragmentación del paisaje, demanda del recurso hídrico y acelerado crecimiento urbanístico.

Respecto al abordaje ético en esta fase se realizó un contacto con cada actor solicitándole su permiso para ser entrevistados en el marco del proyecto de investigación, de lo cual se firmaron consentimientos, ver Anexo 04. Consentimientos informados.

Fase 3: Aplicación de instrumentos en campo

En esta fase se aplicó una encuesta sobre los usos del recurso hídrico para los usuarios del acueducto realizada en los meses noviembre y diciembre del 2023 por medio de formulario de Google (Anexo 05. Encuesta), así mismo cuatro entrevistas semiestructuradas para cada uno de los siguientes actores: secretaria de planeación, autoridad ambiental, parcelador y floricultor, las cuales fueron aplicadas en el mes de diciembre, de manera presencial y virtual, lo cual permitió realizar un análisis de la información recolectada. (Anexo 06. Formato entrevista semiestructurada). De la misma manera, se realizó un encuentro con un grupo focal con la junta directiva de la Asociación, en donde identificó la matriz DOFA sobre la prestación del servicio de acueducto. Anexo 14. Diseño metodológico grupo focal.

Con relación al aspecto ético se explicó el diligenciamiento del consentimiento informado a la persona entrevistada, así mismo se guardó el secreto de confidencialidad y los datos fueron procesados de manera honesta evitando manipulaciones a conveniencia de las partes interesadas.

Fase 4: Sistematización de la información obtenida en campo

Después de obtener los datos a través de los instrumentos, se pasó a sistematizar la información y a analizarla de la siguiente forma:

Tabla 2

Sistematización de la información de los instrumentos

Instrumento aplicado	Medio de recolección de información	Análisis de información	Anexo
Entrevista semiestructurada	Audios Transcripción de audios	Se consideraron aquellos fragmentos de las entrevistas que propiciaron información específica asociada a los objetivos planteados en este trabajo. Con estos fragmentos se realizó el análisis de los resultados y conclusiones.	Anexo 07. Transcripción entrevista semiestructurada
Guía de observación	Ficha de guía de observación	Se realizaron cuatro visitas por toda la vereda (Parte Alta y Baja) donde se identificaron aspectos sociales como centros poblados, cultura, estructuras sociales, vías de comunicación y principales instituciones presentes en la vereda. En los aspectos económicos se tuvo en cuenta las actividades productivas desarrolladas en la vereda que tienen influencia sobre la demanda del recurso hídrico. En cuanto a los aspectos ambientales se consideraron zonas de protección, usos del suelo, zonas de alto riesgo, manejo de residuos sólidos, uso de agroquímicos, tratamiento de aguas residuales. Esta guía de observación permitió conocer las	Anexo 08. Guía de observación en campo diligenciada

		dinámicas territoriales en la vereda, así mismo se pudo realizar un análisis de la relación de estas con el recurso hídrico.	
Salidas de Campo	Visitas en campo Registro fotográfico Matriz de recolección de datos en Excel	Se llevaron a cabo cuatro visitas en el área de influencia, las cuales permitieron reconocer la fuente desde su nacimiento hasta la bocatoma, de igual manera se pudo conocer el funcionamiento de la planta de tratamiento de agua potable. También se realizaron aforos volumétricos en diferentes fechas y lugares, como en la bocatoma, desarenador, entrada de la planta, con el fin de conocer los caudales.	Anexo 09. Registro fotográfico Anexo 10. Matriz de recolección de datos (aforos)
Encuestas	Formulario de Google	Se creó una encuesta por medio de Google formularios con doce preguntas relacionadas con el uso del recurso hídrico, la percepción del servicio, principales problemáticas que afectan la oferta del agua, entre otras. Esta encuesta fue aplicada a diferentes usuarios del acueducto con el objetivo de conocer los diferentes usos que le dan al agua.	Anexo 11. Encuesta diligenciada
Fichas de lectura PBOT	Documento Word	Se ejecutó una minuciosa lectura del acuerdo municipal 012 del 2017, para identificar puntualmente los usos del suelo en la vereda y como han influido estos directamente sobre la oferta y demanda del recurso hídrico.	Anexo 12. Ficha de lectura PBOT diligenciada
Grupo focal	Elaboración conjunta de matriz DOFA en cartelera física y transcripción de esta en formato de Word	Se concertó una reunión con la junta directiva del acueducto La Sonadora donde se llevó a cabo el grupo focal cuyo objetivo fue identificar las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas en la prestación del servicio de la organización.	Anexo 13 Grupo focal - Realización de matriz DOFA

Con relación al aspecto ético tuvo un adecuado almacenamiento de la información, copias de respaldo, honestidad con el manejo de la información, respetar las expresiones y costumbres de las personas.

Fase 5: Análisis de información

Finalmente, se estructuró un documento en donde se realizó el análisis de los objetivos planeados, los cuales pretendieron dar cuenta de la demanda, la oferta y la administración del recurso hídrico, y su relación con el PBOT. Para el capítulo de resultados se analizó toda la información obtenida durante la investigación llegando así a las conclusiones y recomendaciones.

Se consideraron aspectos éticos como: cuidar la información personal suministrada por las personas, honestidad con los resultados recopilados, no hubo manipulación indebida, se manejó transparencia con el análisis de la información obtenida y caracterizada.

5.2 Instrumentos de recolección de información

Considerando la metodología definida para este trabajo, se establecen los siguientes instrumentos de recolección de información:

Cualitativo

- **Guía de observación en campo:**

Es un instrumento que permite la identificación del contexto desde la recopilación de datos asociadas al paisaje y a los fenómenos humanos que intervienen en la naturaleza generando impactos sobre el entorno. Esta guía consiste en una lista detallada de aspectos específicos ya sean sociales, culturales, ambientales, económicos, que el observador puede identificar a través de preguntas que motivan su exploración a medida en que se recorre el territorio. Esta herramienta ayuda a los investigadores a mantener el enfoque, a dirigir su atención hacia los aspectos relevantes y a estandarizar el proceso de observación para garantizar la consistencia en la recopilación y sistematización de los datos. Anexo 08. Guía de observación en campo diligenciada.

- **Mapeo de actores de la demanda del recurso hídrico:**

El mapeo de actores es un instrumento de importancia social, puesto que permite determinar las relaciones que los distintos actores sociales presentan con un determinado fenómeno de estudio. Para este caso, se asociaron los actores que están relacionados con las variables de la investigación de manera directa e indirecta, su rol y nivel de incidencia. Con este instrumento se identificaron los sectores de importancia en la vereda La Sonadora con el fin de analizar los actores presentes y su relación con el recurso hídrico. Ver Anexo 03. Mapeo de actores.

- **Entrevista semi estructurada:**

La entrevista semi - estructurada se compone de una serie de preguntas teniendo en cuenta aspectos específicos asociadas a la relación de los actores sociales con alguna de las variables determinadas en este estudio. Sin embargo, estas preguntas no se hacen en estricto orden, ni pretende respuestas exactas, sino que pueden ir ahondando en las cuestiones centrales del objeto de investigación, en la medida en que el actor entrevistado proporcione y permita información relevante. A través de esta, se pretendió profundizar en la percepción que los distintos actores tienen sobre su territorio desde el rol que desempeñan, a fin de identificar acciones, pensamientos, decisiones que puedan estar incidiendo en la situación estudiada. Anexo 07. Transcripción entrevista semiestructurada

- **Fichas de lectura del PBOT:**

Por medio de las fichas de lectura se realizó un análisis exhaustivo al PBOT, con influencia directa en los usos del suelo impulsados por el acuerdo municipal en la vereda La Sonadora, además, su relación con el recurso hídrico. Esta ficha contiene aspectos tales como: capítulos del PBOT que se leyeron, elementos de importancia en relación con las variables, citas textuales y observaciones. Ver Anexo 12 Ficha de lectura PBOT diligenciada.

- **Grupo Focal:**

Un grupo focal se realiza con el fin de recopilar información sobre las opiniones, actitudes y experiencias de un equipo de personas en relación con un tema específico. Esta técnica involucró una discusión moderada entre un grupo pequeño de participantes los cuales hacen parte de la mesa directiva del acueducto La Sonadora, fue guiada por el equipo de trabajo, y su objetivo fue el de identificar las principales debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas que presenta el acueducto en la actualidad ante la oferta y demanda del recurso hídrico, en

relación con las regulaciones del instrumento de planificación territorial. Ver Anexo 14. Diseño metodológico grupo focal.

Cuantitativo

- **Histórico de aforos en la fuente:**

Es la información entregada por la CAR y la Asociación con el fin de conocer los diferentes caudales que se han presentado en la fuente hídrica La Sonadora en un periodo de tiempo. Además, los aforos realizados por el equipo de trabajo para este fin, se consolidó esta información a través de una matriz en Excel con información como: nombre de la fuente hídrica, método, fecha, sitio, caudal promedio de la fuente y estado del tiempo. Anexo 15 Matrices aforos.

- **Oferta hídrica de la fuente (Cornare):**

Es la información recolectada por la CAR. Esta fue presentada debido a solicitud formal que se realizó a la autoridad ambiental, y fue entregada por esta misma a través del formato .xlsx. La oferta hídrica de una fuente se refiere a la cantidad de agua disponible en un período de tiempo determinado. Esta cantidad de agua puede variar dependiendo de diversos factores, como la precipitación, la evapotranspiración, la escorrentía superficial y la infiltración. La gestión de la oferta hídrica es crucial para garantizar un uso sostenible del agua, por lo que es importante planificar su uso de manera eficiente. La información sobre la oferta fue recopilada a través de una matriz de Excel que da cuenta de aspectos como: información del usuario, de la concesión, captación con datos como: nombre de la fuente, nombre de la cuenca, código, oferta total y oferta disponible en L/s, su georreferenciación y tipos de usos. Ver Anexo 16. Carta a la CAR solicitando información y Anexo 17. Matrices CAR.

- **Encuesta:**

Es un método utilizado para recopilar datos de una muestra representativa de individuos sobre sus opiniones, actitudes, comportamientos, características demográficas u otras variables de interés las cuales fueron los usos del agua, prestación del servicio, amenazas del recurso, cambios territoriales en la vereda a través de un formulario de preguntas cerradas, a través del cual, se pretende conocer información de tipo cuantitativo sobre los usos y cuidados del agua de los usuarios del recurso hídrico en la vereda La Sonadora. Anexo 11. Encuesta diligenciada.

- **Histórico de permisos de concesión de aguas que haya otorgado la autoridad ambiental:**

El histórico de permisos de concesión de aguas es un registro oficial que contiene la información detallada sobre todas las concesiones de aguas que ha otorgado la autoridad ambiental en un período determinado. Este registro sirve como una herramienta fundamental para la gestión y control del uso del agua en un territorio. Su importancia radica en garantizar un uso equitativo y sostenible del recurso hídrico, proteger el medio ambiente y planificar la gestión del agua de manera eficiente. Este histórico, el cual fue proporcionado por la Corporación Autónoma Cornare, reposa en una matriz de Excel que permite la identificación, cuantificación y análisis de datos. Anexo 18. Matriz demanda.

- **Históricos de RUR -H Registro Único del Recurso Hídrico:**

Es un sistema de información administrado por la autoridad ambiental, con el objetivo de centralizar y organizar la información sobre el uso y aprovechamiento del agua en el país. El RUR-H funciona como una plataforma digital donde se inscriben y registran los diferentes usuarios del recurso hídrico. Su implementación contribuye a garantizar un uso racional y sostenible del recurso hídrico, proteger la calidad del agua y promover el cumplimiento de la normativa ambiental. Se utilizó con el propósito de conocer la demanda existente. Este histórico, el cual fue proporcionado por la Corporación Autónoma Cornare, reposa en una matriz de Excel que permite la identificación, cuantificación y análisis de datos. Anexo 18. Matriz demanda.

5.3 Fases, instrumentos de recolección y muestreo

Tabla 3*Fases, instrumentos de recolección y muestreo*

Fase	Instrumento de recolección de información	Población de estudio	Técnica de muestreo	Muestra	Criterios de inclusión
Fase I Análisis de la zona de estudio	Ficha de lectura del PBOT	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
	Almacenamiento de información cartográfica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
	Guía de observación en campo	La vereda La Sonadora	Frecuencia	4 salidas	Lugares de protección, nuevas parcelaciones, área de invernaderos, zona elegida del PBOT de corredor suburbano
Fase I Análisis de la zona de estudio	Histórico de aforos en la fuente (información suministrada por el acueducto)	Vereda La Sonadora	Aforos realizados por el acueducto	Registros del acueducto	Desde el 2016 hasta el 2023
	Histórico de aforos en la fuente (información suministrada por autoridad ambiental)	Quebrada La Sonadora	Aforos realizados por la autoridad ambiental	Registros de la autoridad ambiental	Desde el 2016 hasta el 2023

Fase	Instrumento de recolección de información	Población de estudio	Técnica de muestreo	Muestra	Criterios de inclusión
	Oferta hídrica de la fuente (Cornare)	Quebrada La Sonadora	Aforos realizados por la autoridad ambiental y equipo de trabajo	Fuente hídrica	De acuerdo con datos existentes
Fase II Identificación de actores claves	Mapeo de actores de la demanda del recurso hídrico	La vereda La Sonadora	Actores identificados en mapa de actores	Total, de la población	Personas que tengan relación directa con la oferta demanda y/o prestación del recurso hídrico.
Fase III Aplicación de instrumentos de recolección	Encuesta	Asociados del acueducto la sonadora	Actores claves identificados	Delegados del acueducto	Delegados del acueducto La Sonadora son un 10% del total de los asociados
Fase I Análisis de la zona de estudio	Histórico de permisos de concesión de aguas que haya otorgado la autoridad ambiental.	Fuente La Sonadora	Permisos de concesión otorgados en la fuente	Totalidad de permisos otorgados	Desde el 2017 hasta el 2023 Concesiones en el área de influencia
	RUR -H Registro Único del Recurso Hídrico	La vereda La Sonadora	Base de datos RUR-H	Totalidad de datos RUR-H	Desde 2017 hasta el 2023 RURH en el área de influencia

Fase	Instrumento de recolección de información	Población de estudio	Técnica de muestreo	Muestra	Criterios de inclusión
Fase III Aplicación de instrumentos de recolección	Entrevista semi estructurada	Sector económico	Un representante	Por observación	Solo se abordan empresas del sector urbanizador y productivo
Fase III: Aplicación de instrumentos de recolección	Grupo Focal	Junta directiva acueducto la sonadora	Personas estratégicas	Todo el universo	Estar inscritos en la junta directiva del acueducto

5.4 Categorías de análisis

- Uso del suelo:

Un Plan de ordenamiento territorial es, en el ámbito del urbanismo colombiano, un instrumento técnico que poseen los municipios del país para planificar y ordenar su territorio. Tiene como objetivo integrar la planificación física, socioeconómica y medioambiental de tal forma que los principios de ordenamiento se vean concretados en el territorio dicho por (AGRUCO et al., 2016).

En el municipio de El Carmen de Viboral el PBOT fue aprobado por medio de acuerdo municipal No.12 de 2017. Se realizó lectura, revisión y descripción con relación a los usos del suelo en la vereda La Sonadora y cómo estos pueden influir en la oferta, demanda y prestación del servicio del recurso hídrico.

- Oferta hídrica de la fuente superficial:

Es aquella porción de agua que después de haberse precipitado sobre la cuenca y satisfecho las cuotas de evapotranspiración e infiltración del sistema suelo – cobertura vegetal, escurre por los cauces mayores de los ríos y demás corrientes superficiales, alimenta lagos, lagunas y reservorios, confluye con otras corrientes y llega directa o indirectamente al mar.

El estudio de los caudales de una fuente hídrica es importante para determinar la oferta hídrica de la zona y los históricos, ya que permite conocer los caudales mínimos y máximos de la fuente superficial. Si estos son insuficientes para cubrir la demanda, esta debe satisfacerse mediante la búsqueda de fuentes alternas de abastecimiento.

El caudal es la cantidad o volumen de agua que pasa por un determinado sitio en un tiempo establecido. Es un procedimiento que consiste en realizar una serie de mediciones en campo que permiten posteriormente calcular el caudal de una corriente.

Cuando se trata de tiempos de estiaje o verano, la escorrentía en las corrientes naturales es pequeña y proviene fundamentalmente de los acuíferos, del almacenamiento subterráneo. Disponer de aforos continuos, preferiblemente diarios, permite conocer esos caudales mínimos y estimar adecuadamente la oferta para fines de abastecimiento.

- Demanda del recurso hídrico:

La demanda hídrica, se define como la extracción hídrica del sistema natural destinada a suplir las necesidades o requerimientos del consumo humano, la producción sectorial y las demandas esenciales de los ecosistemas no antrópicos. La extracción y, por ende, la utilización del recurso implica la sustracción, alteración, desviación o retención temporal del recurso hídrico, incluidos en este los sistemas de almacenamiento que limitan el aprovechamiento para usos compartidos u otros usos excluyentes. (Instituto de Hidrología-Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM, 2018).

- Prestación de servicio:

Se entiende como la prestación de un servicio por parte del Estado, por comunidades organizadas, o por particulares, que permitan la satisfacción de las necesidades de los usuarios de forma continua, con calidad y cantidad, de manera eficiente asegurando el uso de estos servicios.

6. Abordaje Ético

El trabajo se realizó dentro de los principios éticos: beneficencia, no maleficencia, autonomía y confidencialidad; inicialmente se realizó un acuerdo de confidencialidad para el acceso a bases de datos de la Asociación, de este modo se generó un compromiso por parte de las estudiantes con relación a la protección de datos que puedan poner en riesgo la integridad del acueducto, de esta manera en cada uno de los instrumentos se consideró la confidencialidad de los datos de la siguiente forma:

- Entrevistas semiestructuradas: se diligenció el consentimiento informado por parte de las personas entrevistadas, donde se solicitó nombre, cargo y posteriormente se procedió a mencionarlos en el presente trabajo con su debida autorización.
- Encuestas: Se solicitó el nombre a los participantes, sin embargo, este fue opcional y no aparecen durante el texto.
- Grupo focal: Se llevó a cabo la autorización del consentimiento informado, por cada miembro de la junta directiva, donde se autorizó un registro fotográfico y la confidencialidad de los datos internos de la organización.

Se adjunta carta de consentimiento por parte de la Asociación donde se llevará a cabo el proyecto. Anexo 19. Autorización acueducto La Sonadora para proyecto universitario.

En el desarrollo del presente trabajo se elaborará la bibliografía, citando el material consultado, permitiendo así identificar las fuentes de información, respetar los derechos de autor y otorgar créditos a los autores originales.

Toda la información secundaria a la que se tenga acceso será con previa solicitud a las autoridades ambientales, la alcaldía municipal y el acueducto donde todo sea debidamente concertado, comunicado y autorizado, por parte de estas mismas.

La entrevista estará sujeta bajo la Ley Estatutaria 1581 del 2012 (protección de datos personales) donde a cada entrevistado se le presentará el consentimiento informado para garantizar su participación voluntaria en el trabajo académico. (Ley 1581, 2012).

7. Aspectos Administrativos

7.1 Factibilidad

7.1.1 Factibilidad Técnica

Para el presente trabajo la universidad facilitó a la asesora Yuliana Garcés Arboleda profesional en planeación y desarrollo social, Historiadora, Especialista en Política y Desarrollo, Especialista en Educación Ambiental y próximamente Magister en Hábitat. También se cuenta con tres estudiantes de Administración Ambiental y Sanitaria, que tienen las capacidades técnicas para llevar a cabo el desarrollo del proyecto.

7.1.2 Factibilidad Financiera

Los aportantes para el proyecto son: La Universidad de Antioquia quien facilita el asesor y otorga un salario para el acompañamiento, seguimiento, evaluación, sugerencias, direccionamiento para lograr los objetivos propuestos en el presente trabajo. Por otro lado, las estudiantes aportamos el tiempo, la dedicación, viáticos y herramientas tecnológicas como: celulares, y computadores, para las salidas de campo programadas y actividades a desarrollar.

7.1.3 Factibilidad Legal

La principal normatividad que respalda el proyecto es la Ley 388 de 1997 conocida como la ley de desarrollo territorial; trata de realizar una integración o trabajo en equipo con los entes y autoridades territoriales de cada municipio para el adecuado ordenamiento de su territorio, el uso equitativo y racional del suelo; esta ley creó los planes de ordenamiento territorial que se subdividen en tres planes POT, PBOT y EOT y que se asignan según la cantidad de habitantes de cada municipio y el presupuesto público. Esta es una herramienta de planeación física del territorio y su uso del suelo, que debe contener mecanismos para su desarrollo; tiene tres contenidos con vigencia a corto, mediano y largo plazo, es decir, a 4, 8 y 12 años; finalizada cada vigencia se debe actualizar según las necesidades de cada municipio. (Ley 388, 1997).

Otro punto es el Decreto 3930 de 2010 que establece las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el Ordenamiento del Recurso Hídrico y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillados. (Decreto 3930, 2010).

7.1.4 Factibilidad Ambiental

Los principales impactos ambientales que se generarán en el desarrollo de este proyecto serán:

- Consumo de energía debido a las largas horas de trabajo desde el computador y celulares.
- El uso de internet para nuestro trabajo es 100% primordial ya que es necesario para conectarnos de manera virtual y trabajar en simultáneo.
- Generación de dióxido de carbono, ya que para las salidas de campo y asesorías será necesario usar medios de transporte a base de gasolina que son generadores de estos gases.
- Generación de residuos por comestibles durante las largas jornadas de encuentro.
- Generación de residuos aprovechables procedentes de las actividades de investigación.
- Acción de mejora en pro del acueducto veredal y la comunidad ya que se conocerá la disponibilidad del recurso hídrico.

7.2 Viabilidad

El proyecto “Incidencia del PBOT del Carmen de Viboral sobre la oferta, demanda hídrica y prestación de servicios del acueducto rural en la vereda La Sonadora entre los años 2017-2023” cuenta con respaldo social y autorización por parte de la Asociación de Socios del Acueducto y Alcantarillado Sonadora-Garzonas, durante 12 meses tiempo estimado para el desarrollo del trabajo, este proyecto no afecta el bienestar de la comunidad, se tiene apoyo de un funcionario de la Secretaría de Planeación de El Carmen de Viboral para las consultas pertinentes e información necesaria, con relación a la comunidad esta se encuentra presta al apoyo requerido para la recopilación de datos.

9. Presupuesto

Tabla 4

Presupuesto trabajo de grado I

Actividad	Tipo de recurso	Cantidad	Costo unitario	Costo total —
Planteamiento inicial	Humano	3	0	0
Nombramiento de un asesor	Humano	1	\$ 1.300.000	\$ 1.300.000
Avance n. 1. Planteamiento	Humano	3	0	0
	Humano	3	\$ 360.000	\$ 1.080.000
Avance n. 2. Marcos de referencia	Humano	3	0	0
Avance n. 3. Abordaje metodológico	Humano	3	0	0
Salida de campo n. 1 y 2 vereda La Sonadora	Humano	3	0	0
		1	\$ 50.000	\$ 50.000
	Financiero	3	\$ 10.000	\$ 30.000
		1	\$ 800.000	\$ 800.000
Avance n. 4. Presentación ante el grupo orientador	Humano	3	0	0

Tabla 5

Presupuesto trabajo de grado II

Actividad	Tipo de recurso	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Análisis de la zona de estudio	Humano	3	0	0
		1	\$ 1.300.000	\$ 1.300.000
	Financiero	1	0	0
		15	\$ 1.000	\$ 15.000
Observaciones en campo	Humano	3	0	0
		1	\$ 50.000	\$ 50.000
	Financiero	3	\$ 10.000	\$ 30.000
		3	0	0
Realización de aforos en el punto de captación	Humano	3	0	0
		1	\$ 25.000	\$ 25.000
	Financiero	1	\$ 15.000	\$ 15.000
		3	\$ 10000	\$ 30000
Identificación de actores claves	Humano	3	0	0
		3	0	0
Entrevistas semi estructuradas	Financiero	2	\$ 450.000	\$ 900.000
		3	\$ 10.000	\$ 30.000
		3	0	0
Encuentro y realización de la matriz DOFA	Humano	5	0	0
		3	\$ 10.000	\$ 30.000
	Financiero	3	\$ 10.000	\$ 30.000
		50	\$ 5.000	\$ 250.000
Sistematización de la información obtenida en campo	Humano	3	0	0

Tabla 6

Presupuesto trabajo de grado III

Actividad	Tipo de recurso	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Sistematización de la información obtenida en campo	Humano	3	0	0
	Financiero	3	0	0
		3	0	0
Análisis de la información	Humano	3	0	0
Realización del informe final	Humano	3	0	0
Revisión del trabajo por parte del asesor	Humano	1	\$ 1.300.000	\$ 1.300.000
Sustentación del Trabajo de grado a los jurados	Humano	3	0	0
		3	\$ 10.000	\$ 30.000
Socialización del trabajo de grado al acueducto	Humano	3	0	0
		5	0	0
		1	0	0
		3	\$ 10.000	\$ 30.000
TOTAL				\$ 7.295.000
IMPREVISTO 10%				\$ 729.500
VALOR TOTAL DEL PROYECTO				\$ 8.024.500

10. Resultados

10.1 Usos del Suelo Impulsados por el PBOT en la Vereda La Sonadora de El Carmen de Viboral

La planificación del desarrollo urbano es fundamental para asegurar un crecimiento ordenado y sostenible de los municipios. En este sentido, el Plan de Ordenamiento Territorial es una herramienta esencial que guía las decisiones sobre el uso del suelo, la infraestructura, la vivienda y el medio ambiente, puesto que no solo busca organizar el espacio físico, sino también promover la equidad social, la protección de los recursos naturales y la mejora de la calidad de vida de los habitantes. En el municipio de El Carmen de Viboral, este instrumento se adoptó por el Acuerdo municipal – 012 de 2017 bajo la figura de Plan Básico de Ordenamiento Territorial PBOT debido al número de sus habitantes que oscila entre 30.000 y 100.000, con una temporalidad que abarca diez años, desde el 2017 al 2027.

En este instrumento, se propone un municipio como motor de desarrollo regional, enfocado en la promoción cultural, económica y ambiental, con una ciudadanía comprometida en preservar su identidad y patrimonio, y una comunidad empoderada que promueve la protección de recursos naturales y paisajes verdes. Se destaca el potencial para ofrecer bienes y servicios ambientales, así como la importancia de garantizar la sostenibilidad de la población rural. Todo esto, enmarcado en un modelo de desarrollo humano integral que prioriza el bienestar de todos los habitantes y promueve un crecimiento equitativo y sostenible, con infraestructuras de calidad y un entorno urbano en armonía con el ambiente.

A través de este instrumento de planificación se promueven los distintos usos del suelo en el territorio, los permitidos y no permitidos, los de conservación, expansión urbana, vocación agrícola, de vivienda, entre otros. A continuación, se analiza los usos del suelo que el PBOT ha motivado específicamente en la vereda La Sonadora, para que consecuentemente se pueda comprender la forma en que estos usos inciden sobre la oferta, demanda y prestación del recurso hídrico en este territorio.

10.1.1 *PBOT y transformaciones territoriales en la vereda La Sonadora*

El municipio de El Carmen de Viboral tiene en su PBOT la clasificación de los suelos en las siguientes categorías:

- Uso del suelo urbano:

Se refiere a áreas del territorio municipal que cuentan con infraestructura vial, una red completa de servicios públicos domiciliarios y tienen capacidad de ser urbanizadas.

- Uso del suelo expansión urbana:

Estos sólo podrán desarrollarse a través del instrumento de planes parciales los cuales se formularán y adoptarán según las características del área de expansión y sus necesidades. En casos donde las áreas sean menores a 2 hectáreas, la Secretaría de Planeación y Desarrollo Territorial podrá incorporar estos predios al suelo urbano mediante la figura de unidad de actuación urbanística especial, siempre y cuando tenga disponibilidad de Servicios Públicos para garantizar las condiciones óptimas de vida.

- Uso del suelo rural:

En este se encuentran las categorías de protección y desarrollo restringido, se caracteriza por sus áreas de protección y conservación las cuales cumplen un papel importante en el cuidado del medio ambiente, no obstante, estas áreas están siendo vulnerables frente a las construcciones de grandes parcelaciones y centros poblados, lo que evidencia una falta de control por parte de las entidades competentes. Esta situación se da, en gran medida por los usos del suelo impulsados en el PBOT, los cuales se ordenan de acuerdo con las siguientes definiciones:

- Suelo suburbano: este se define como áreas dentro del suelo rural, donde se combinan los usos del suelo y las formas de vida características tanto del campo como de la ciudad, pero que difieren de las áreas clasificadas como expansión urbana. Estas áreas pueden ser objeto de desarrollo, pero con restricciones en cuanto al uso del suelo, intensidad y densidad, asegurando al mismo tiempo el autoabastecimiento en servicios públicos domiciliarios, de conformidad con lo establecido en la Ley 99 de 1993 y en la Ley 142 de 1994".(Ley 99 de 1993, 1993; Ley 142 de 1994)

- Corredores suburbanos: Son áreas de planificación y desarrollo estratégica donde se concentran actividades específicas, permitiendo la convivencia armoniosa de usos urbanos y rurales sin generar conflictos. Estos corredores se alinean con vías arteriales o de primer orden, así como vías intermunicipales de segundo orden. Algunos ejemplos de corredores viales suburbanos son: el de distribución y logística especializada entre Medellín y Bogotá, el de actividad múltiple en la vía El Carmen de Viboral - Rionegro, el de ciencia, tecnología e innovación en la vía Rionegro - La Ceja, el de apoyo a actividades agroindustriales y agropecuarias en la vía

El Carmen de Viboral - El Santuario, el de actividades agropecuarias de la vía El Carmen de Viboral – La Unión y el de comercio y servicios de la vía El Carmen Viboral- Canadá. Cabe resaltar que este último corredor suburbano atraviesa la vereda La Sonadora, dividiéndola en dos partes.

- Áreas de vivienda campestre: se centra en agrupar viviendas rurales en lugares concretos del territorio para evitar que se dispersen de forma caótica y desorganizada. Esto ayuda a controlar la expansión urbana en áreas rurales, reduciendo así la subdivisión y la presión sobre zonas ambientales y de producción agrícola.

- Centros poblados rurales: son zonas en el área rural donde hay una cantidad significativa de viviendas concentradas. Estos lugares tienen características urbanas y funcionan como puntos de encuentro e integración para las comunidades rurales, ofreciendo una variedad de servicios para sus habitantes, así como para quienes viven en áreas cercanas o para personas de paso.

En cada una de estas clasificaciones se identifican usos del suelo zonificados de acuerdo con las siguientes categorías:

Suelo de preservación: Se orienta hacia la protección y recuperación de ecosistemas, áreas agrarias productivas y bosques en riesgo de degradación. Se distingue entre preservación estricta, centrada en áreas forestales protectoras con mínima intervención humana, y preservación activa, enfocada en mantener la actividad económica con prácticas sostenibles. Se busca regular el uso de recursos naturales renovables para proteger la biodiversidad y los paisajes, limitar la expansión agrícola a la seguridad alimentaria y recuperar suelos degradados. Estas medidas se aplican a todas las áreas clasificadas como zonas de protección y conservación ambiental.

Suelo de conservación: Se refiere a la protección y mantenimiento de áreas rurales o construcciones que poseen un alto valor patrimonial, cultural o natural, requiriendo su preservación en su estado original o su recuperación. Este concepto abarca acciones dirigidas a conservar características físicas, biológicas, paisajísticas, arquitectónicas, arqueológicas o urbanísticas que son significativas en términos patrimoniales o culturales, incluyendo tratamientos específicos para la conservación arquitectónica.

Suelo de recuperación: Se enfoca en restaurar ecosistemas degradados, como áreas amenazadas por explotación minera o procesos erosivos, con el objetivo de promover la

regeneración de bosques protectores. Esta acción se dirige específicamente a zonas con características de degradación e inestabilidad, como el Nudo de los Cañones y el Corredor El Retiro – Carmen de Viboral, así como áreas propensas a inundaciones y movimientos en masa, donde se debe delimitar y llevar a cabo acciones de recuperación.

Generación, restauración y consolidación de actividades forestales: Está dirigida hacia ecosistemas degradados y áreas de productividad primaria que no están siendo utilizadas de manera óptima. Se busca introducir plantaciones forestales de acuerdo con la zonificación agrológica del suelo para garantizar la conservación de los recursos naturales, especialmente en el sector centro y sur del municipio, que cuenta con condiciones favorables para el desarrollo forestal sostenible. Se prioriza la generación de actividades forestales en áreas agroforestales y de restauración ecológica, así como la reconversión gradual de recursos del suelo que actualmente presentan conflictos, hacia usos que promuevan la sostenibilidad ambiental. Esta intervención se aplica específicamente en áreas destinadas para la producción forestal sostenible.

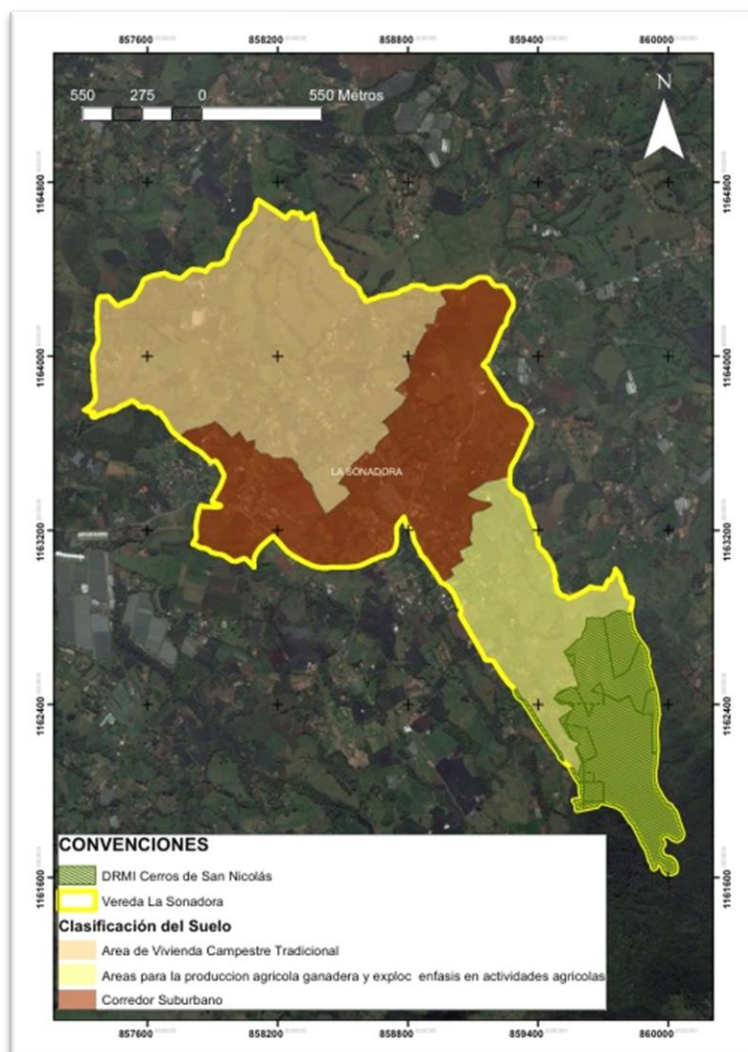
Generación, restauración y consolidación de actividades productivas rurales: Se enfoca en áreas donde la población campesina está en expansión y en zonas de alta productividad agrícola que experimentan conflictos debido a la mezcla de usos urbanos y rurales. El objetivo es controlar los usos y actividades que desplazan la población y actividades rurales, restaurando y consolidando las condiciones rurales originales y mitigando los impactos negativos de proyectos de infraestructura. Se promueve el desarrollo de actividades forestales y agro-silvo-pastoriles de acuerdo con el potencial del territorio y se controla el fraccionamiento de los predios. Esta intervención se aplica especialmente en áreas con tradición agrícola y en aquellas designadas para la producción agrícola sostenible.

Suelos de protección: Son aquellos que no pueden urbanizarse, áreas que representan amenazas, peligros o riesgos para los seres humanos, con el fin de evitar tragedias el ente territorial se encarga de estudiar todo el suelo del municipio, clasificar dichas zonas y evitar que las poblaciones realicen asentamientos. (Concejo Municipal de El Carmen de Viboral, 2017).

Para la vereda La Sonadora, los usos del suelo de acuerdo con el PBOT son los siguientes evidenciados en la **Figura 6**.

Figura 6

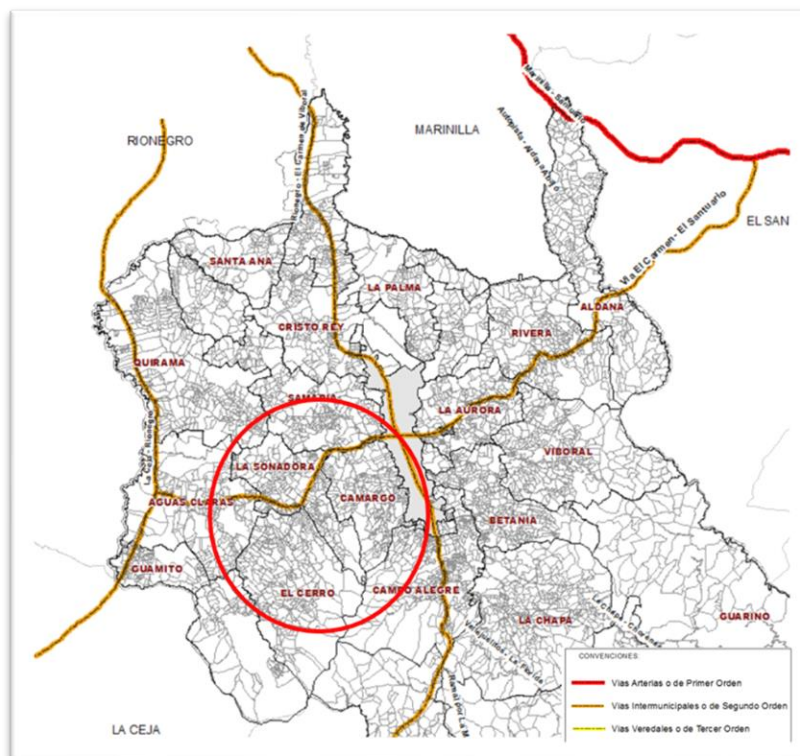
Usos del suelo vereda La Sonadora



Las transformaciones en las vías de acceso que ha propiciado el PBOT se evidencia en el rápido crecimiento urbanístico, siendo un factor clave en este proceso. La presencia de diversas y bien mantenidas vías desde diferentes direcciones ha facilitado la llegada de poblaciones externas, las cuales deciden invertir y establecer viviendas o negocios en el municipio. Esto ha generado una mayor presión sobre el desarrollo urbano y, como consecuencia, una creciente demanda del recurso hídrico.

Figura 7

Jerarquía vial suelo rural, 2017



Fuente: PBOT El Carmen de Viboral, 2017.

En la vereda La Sonadora, se están infringiendo los lineamientos establecidos en el PBOT, un claro ejemplo son las densidades y el índice de ocupación, variables de acuerdo con el uso del suelo. Por ejemplo, en las áreas designadas para vivienda, el máximo permitido es de 3 viviendas por hectárea, pero durante las visitas de campo se observó aproximadamente 15 viviendas por hectárea. Además, se identificó un centro poblado rural con alrededor de 50 viviendas, cuando según la norma, el máximo son 30 viviendas. En la parte alta, cerca del área de captación, se encuentran las zonas de preservación, conservación y restauración, sin embargo, se observó construcciones de viviendas individuales y el asentamiento de la parcelación Mirador de San Nicolas, a pesar de que según el acuerdo del PBOT, solo se permite una vivienda por hectárea, esto evidencia una saturación de los suelos y una falta de control por parte de la autoridad competente.

Otro incumplimiento importante es el tratamiento de aguas residuales domésticas; ya que muchas viviendas no cuentan con la conexión a las soluciones individuales como los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas (STARD) ni con conexión a la Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) de la vereda La Sonadora, lo que conlleva a la disposición directa de estas aguas grises a la vía principal o a la quebrada La Sonadora, aclarando que este tipo de vertimientos es aguas abajo de la bocatoma, generando así contaminación y problemas de saneamiento. Por otro lado, algunos establecimientos comerciales y cultivos en la zona no respetan los retiros necesarios, ni en las fuentes hídricas, ni en los linderos, extendiéndose hasta los límites del terreno o muy cerca de las fuentes; todo esto revela un incumplimiento generalizado de los lineamientos establecidos en el PBOT.

10.2 Oferta y demanda del recurso hídrico en la vereda La Sonadora

En este capítulo, se presenta un análisis detallado sobre la oferta y la demanda con datos secundarios obtenidos de fuentes como la autoridad ambiental Cornare, aforos realizados por el acueducto La Sonadora, complementada con información primaria recopilada en campo, como los aforos realizados por el equipo investigador. Respecto a la demanda, se desarrolló a partir de un trabajo minucioso que incluyó observación directa e identificación de las dinámicas sociales y económicas de la vereda, tanto en recorridos de campo como en análisis cartográficos. Este capítulo proporcionará una visión integral de la situación actual del suministro y la demanda de agua en la comunidad, fundamental para la planificación y gestión efectiva de los recursos hídricos locales.

10.2.1 PBOT y Recurso Hídrico

Los servicios ambientales son aquellas funciones de los ecosistemas que pueden generar beneficios adicionales para las personas y las comunidades, El Carmen de Viboral presenta una amplia oferta de bienes y servicios ambientales como abastecimiento, regulación, apoyo y culturales, los cuales permiten el desarrollo del mismo; sin embargo, se entiende que el aprovechamiento excesivo de estos servicios puede traer serias consecuencias para los ecosistemas y generar crisis en relación a su uso, sobre todo para algunas poblaciones, generalmente más vulnerables o con menor capacidad de obtención de recursos.

El municipio a lo largo de los años se ha caracterizado por su potencial hídrico

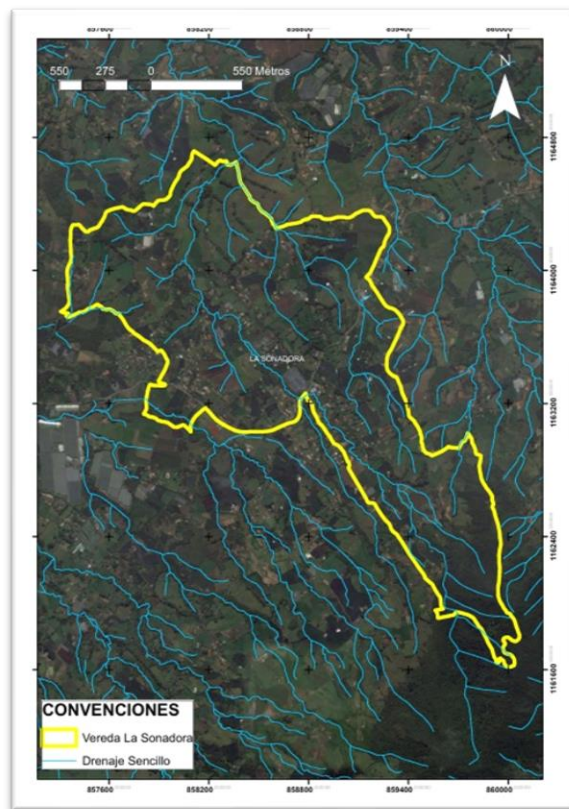
Figura 8, lo que más que considerarse una ventaja ha sido un arma de doble filo para el territorio, puesto que este mismo potencial, junto con otros, ha traído consigo el crecimiento poblacional y paradójicamente la escasez de este recurso, debido a la alta demanda. De acuerdo a Fonseca y Valencia (2019) en la actualidad las transformaciones de las coberturas generadas por los floricultivos y el proceso de suburbanización, han conducido a la tala indiscriminada de los bosques del municipio, constituyendo una amenaza y poniendo en riesgo la capacidad de carga de los acueductos veredales para suplir la demanda del consumo humano y de los cultivos de flores de exportación que se encuentran localizados en el territorio, causando una pérdida en las capacidades territoriales para mantener el bienestar de sus habitantes; lo anterior de alguna forma ha sido motivado por el PBOT.

Para la formulación del PBOT se contempla el Sistema Nacional y Ambiental (SINA), el cual define las áreas de interés ambiental, áreas de restauración ecológica, los cerros y altos, las áreas de interés para la protección del recurso hídrico, las áreas de bocatomas, de acueductos y las áreas de protección y conservación ambiental definidas por Cornare. En lo concerniente a las rondas hídricas de las corrientes de agua y nacimientos, se establece tanto en este instrumento como en el POMCA¹, retiros para corrientes de agua con una distancia de 10 metros desde la fuente, para los nacimientos son 100 metros a la redonda, en cuanto a los lagos y humedales se deber respetar mínimo 20 metros.

Figura 8

Fuentes hídricas del municipio El Carmen de Viboral

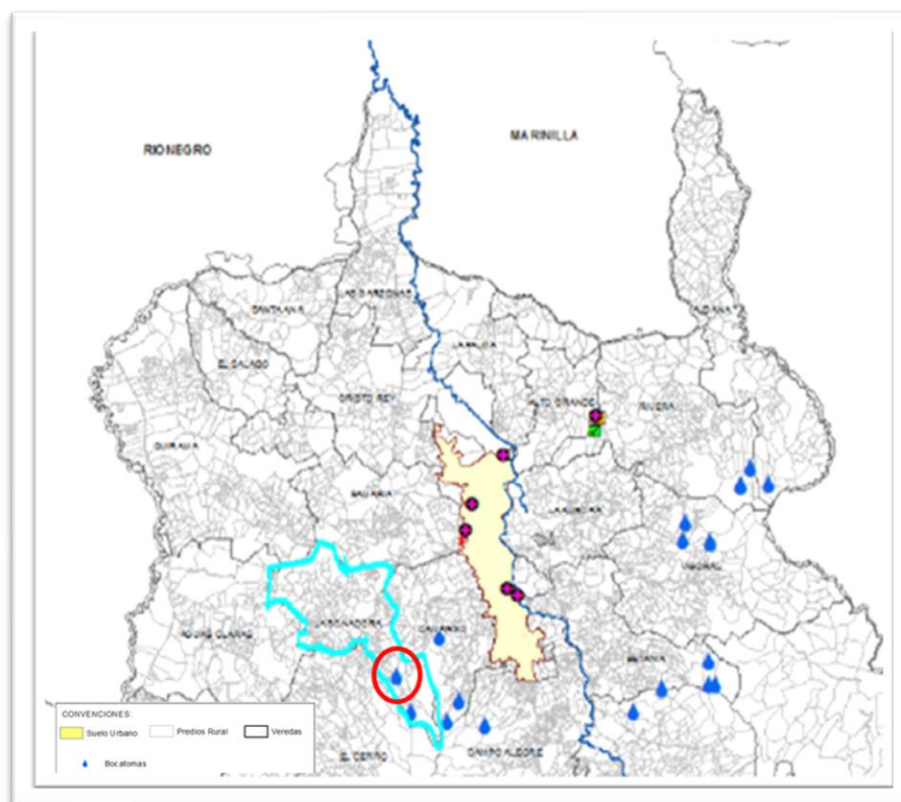
¹ El Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA) es el instrumento a través del cual se realiza la planeación del uso coordinado del suelo, de las aguas, de la flora y la fauna y el manejo de la cuenca, en el que participa la población que habita en el territorio de la cuenca, conducente al buen uso y manejo de tales recursos. Para el caso de El Carmen de Viboral el POMCA La Aldana fue formulado en el año 2009 y aprobado en junio del 2010, mediante el convenio 124 de 2009.



Asimismo expresa el PBOT que con el fin de preservar y restaurar las áreas de oferta de bienes y servicios ecosistémicos existentes y potenciales, en especial, en las microcuencas abastecedoras de acueductos, la Secretaria de Planeación deberá definir de manera precisa las áreas y los perímetros de las zonas de influencia de las bocatomas que abastecen acueductos veredales y municipales y las zonas estratégicas para la protección del recurso hídrico, para su delimitación deberá considerar criterios como: pendientes, geomorfología, entre otros. En la siguiente imagen puede evidenciarse las bocatomas ubicadas en la vereda La Sonadora, las cuales se encuentran en la Parte Alta.

Figura 9

Ubicación de bocatomas vereda La Sonadora



Nota. Fuente: PBOT El Carmen de Víbora, 2017.

La fuente hídrica de la Vereda nace en la parte alta de la montaña, desciende hasta llegar a la parte baja donde sigue el recorrido por la Vereda hasta desembocar en la quebrada La Pereira. El nombre de la fuente es quebrada La Sonadora con una concesión aprobada en el año 2020 por la autoridad ambiental de un caudal de 3.8 L/s, en los alrededores de la fuente en la parte alta de la Vereda se evidencian diferentes cultivos y viviendas que no cumplen con los retiros especificados por la norma; adicionalmente existe el riesgo de posibles vertimientos de aguas residuales domésticas y escorrentía de agroquímicos.

Finalmente, la declaración de las áreas de interés público para la conservación de recursos hídricos que surten de agua los acueductos municipales y veredales se establecen estrategias como la adquisición de nuevos predios para la conservación de recursos hídricos, dedicando para ello un porcentaje no inferior al 1% de los ingresos corrientes que tiene el

Municipio, de manera prioritaria, para el fortalecimiento de estas entidades prestadoras de servicios públicos. Sin embargo, al existir más de 10 acueductos rurales este presupuesto no se reparte equitativamente, lo que se reduce a inversiones mínimas o nulas para adquirir nuevos predios, sin contar que hay veredas que el m² es variable de acuerdo con la zona. De acuerdo a información suministrada por la asociación no se han realizado inversiones en compra de predios ni infraestructura en los últimos años por parte de la administración municipal.

10.2.2 Oferta del recurso hídrico

Registro histórico de aforos en la fuente hídrica La Sonadora, basado en información proporcionada por el acueducto rural.

Con base en la información recopilada por el acueducto veredal en el marco del Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua (PUEAA) del año 2017, que incluyó un seguimiento continuo del caudal entre los años 2016 y 2017 en la fuente hídrica La Sonadora, se puede observar una notable variabilidad temporal en los registros, pues estos oscilan desde valores mínimos de 3,82 L/s hasta picos máximos de 45,38 L/s. Se destaca la influencia directa del clima en estas fluctuaciones, evidenciada por la correlación entre el estado meteorológico y el caudal observado. De esta manera, los días con lluvias intensas muestran un incremento significativo en el flujo de agua, mientras que periodos de sequía o lluvias moderadas corresponden con caudales más bajos.

Esta variabilidad estacional sugiere la importancia de un monitoreo constante para comprender los patrones a largo plazo y facilitar una gestión eficiente del recurso hídrico. Además, la posible influencia del cambio climático en los patrones de precipitación subraya la necesidad de considerar estrategias adaptativas para garantizar la sostenibilidad de la fuente en el futuro. A continuación, se presenta el reporte de los aforos de la fuente abastecedora:

Tabla 7

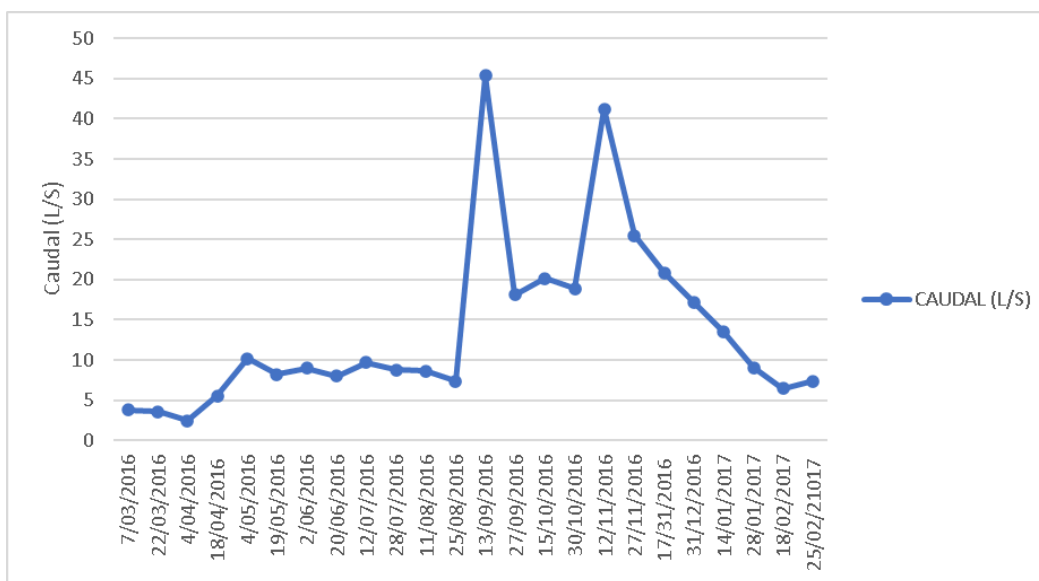
Reporte de aforos de la fuente abastecedora La Sonadora realizado por la Asociación

Fecha	Punto de aforo	Hora	Estado del clima	Caudal (L/s)
07/3/2016	Bocatoma	8:30 am	Seco	3,82
22/3/2016	Bocatoma	8:00 a. m.	Seco	3,56
04/4/2016	Bocatoma	8:44 a. m.	Seco	2,5
18/04/2016	Bocatoma	8:30 a. m.	Lluvioso	5,56
04/05/2016	Bocatoma	8:40 a. m.	Lluvioso	10,2
19/05/2016	Bocatoma	8:00 a. m.	Lluvias esporádicas	8,2
02/06/2016	Bocatoma	8:22 a. m.	Lluvias	9,01
20/06/2016	Bocatoma	9:05 a. m.	Moderadamente lluvioso	8
12/07/2016	Bocatoma	8:30 a. m.	Lluvias	9,71
28/07/2016	Bocatoma	8:45 a. m.	Moderadamente lluvioso	8,77
11/08/2016	Bocatoma	8:40 a. m.	Moderadamente lluvioso	8,62
25/08/2016	Bocatoma	8:25 a. m.	Moderadamente seco	7,35
13/09/2016	Bocatoma	8:50 a. m.	Lluvias intensas	45,38
27/09/2016	Bocatoma	8:10 a. m.	Lluvias intensas	18,15
15/10/2016	Bocatoma	7:30 a. m.	Lluvias intensas	20,15
30/10/2016	Bocatoma	9:30 a. m.	Lluvias intensas	18,92
12/11/2016	Bocatoma	7:00 a. m.	Lluvias intensas	41,2
27/11/2016	Bocatoma	7:02 a. m.	Lluvias intensas	25,48
17/12/2016	Bocatoma	8:30 a. m.	Lluvias moderadas	20,83
31/12/2016	Bocatoma	7:20 a. m.	Lluvias moderadas	17,22
14/01/2017	Bocatoma	6:20 a. m.	Moderadamente seco	13,51
28/01/2017	Bocatoma	6:25 a. m.	Moderadamente seco	9,09
18/02/2017	Bocatoma	6:25 a. m.	Moderadamente seco	6,45
25/02/2017	Bocatoma	6:23 a. m.	Moderadamente seco	7,35
02/10/2021	Bocatoma		Lluvioso	15,6

Fuente: Plan Quinquenal Acueducto la Sonadora, 13/12/2021

Figura 10

Aforos de la fuente abastecedora La Sonadora realizado por la Asociación



De acuerdo con la información suministrada por el acueducto La Sonadora a finales de 2023, se realizaron aforos en el ingreso a la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) a través del cual se realizó un análisis de los datos proporcionados sobre el estado del clima y el caudal, el cual revela que en el período de julio a diciembre se observa una variabilidad significativa, con picos alcanzando hasta 5.7 L/s durante días de lluvia y mínimos de 1.56 L/s en días de verano. Este patrón sugiere una relación directa entre las precipitaciones y el suministro de agua al acueducto, resaltando la importancia de monitorear estas variables para una gestión eficiente de los recursos.

Tabla 8

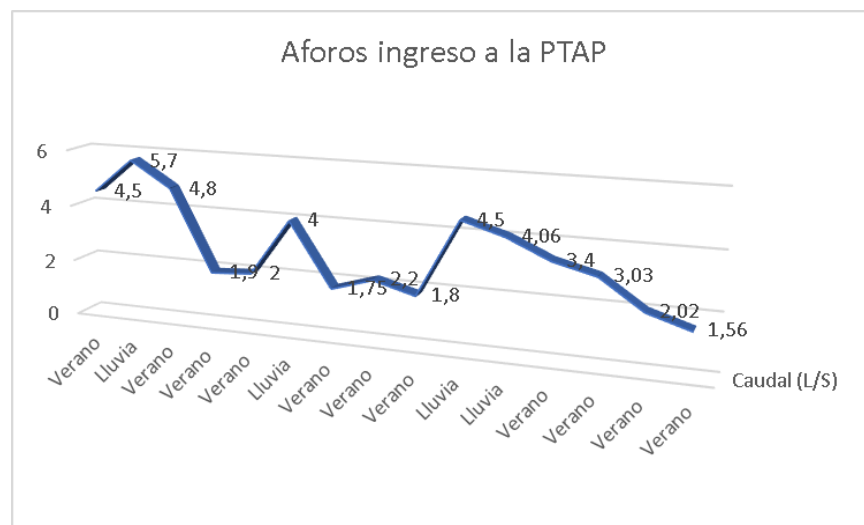
Aforo al ingreso a PTAP acueducto La Sonadora realizados por el acueducto

Fecha	Punto de aforo	Hora	Estado del clima	Caudal (L/s)
24/07/2023	Ingreso a la PTAP	8:30 am	Verano	4,5
26/07/2023	Ingreso a la PTAP	9:30 a. m.	Lluvia	5,7
02/08/2023	Ingreso a la PTAP	9:00 a. m.	Verano	4,8
08/02/2023	Ingreso a la PTAP	8:30 a. m.	Verano	1,9
10/08/2023	Ingreso a la PTAP	8:00 a. m.	Verano	2
12/09/2023	Ingreso a la PTAP	8:30 a. m.	Lluvia	4
20/09/2023	Ingreso a la PTAP	9:00 a. m.	Verano	1,75
22/09/2023	Ingreso a la PTAP	3:30 p. m.	Verano	2,2
08/10/2023	Ingreso a la PTAP	4:30 p. m.	Verano	1,8
20/10/2023	Ingreso a la PTAP	4:40 p. m.	Lluvia	4,5
03/11/2023	Ingreso a la PTAP	10:00 p. m.	Lluvia	4,06
15/11/2023	Ingreso a la PTAP	12:00 p. m.	Verano	3,4
01/12/2023	Ingreso a la PTAP	8:30 a. m.	Verano	3,03
10/12/2023	Ingreso a la PTAP	2:00 p. m.	Verano	2,02
15/12/2023	Ingreso a la PTAP	3:30 p. m.	Verano	1,56

Fuente: Información Acueducto La Sonadora.

Figura 11

Aforos ingreso a la PTAP realizado por la Asociación



Registro de histórico de mediciones en la fuente, con datos proporcionados por la autoridad ambiental

El registro histórico de mediciones en la fuente, proporcionado por la autoridad ambiental, muestra una variabilidad significativa en el caudal a lo largo de varios años. Se destacan diferentes eventos climáticos que han influenciado estas mediciones, como la presencia de fuertes precipitaciones durante la transición de sequía a época lluviosa en julio de 2016. Los datos revelan la importancia de considerar tanto la ubicación del aforo como las condiciones climáticas al interpretar las mediciones de caudal.

Tabla 9

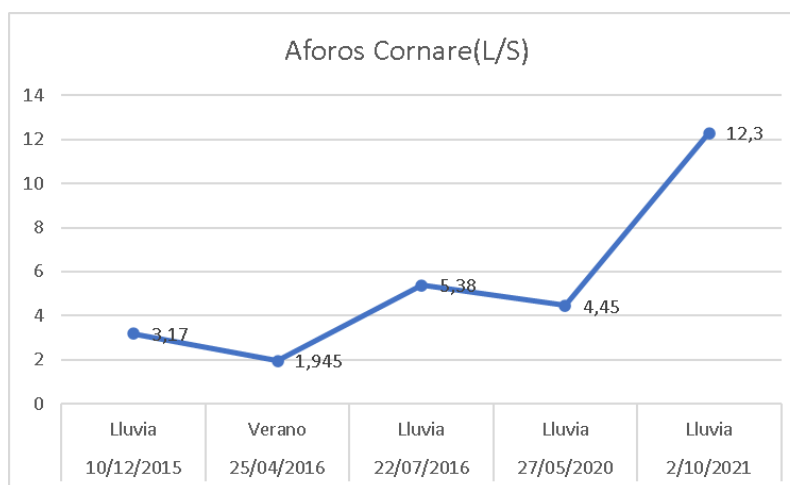
Aforos realizados por la autoridad ambiental Cornare

Fecha de aforo	Ubicación del aforo	Caudal aforado (L/s)	Tipo de aforo (Puntual / Compuesto)	Estado de tiempo (Verano / Invierno)
10/12/2015	Punto de captación	3,17	Volumétrico	Lluvia
25/04/2016	Punto de captación	1,94	Volumétrico	Verano
22/07/2016	Acequia	5,38	Volumétrico	El estado del tiempo, época climática de transición de sequía fenómeno del niño a época lluviosa con presencia de fuertes precipitaciones en los últimos 5 días
27/05/2020	Bocatoma	4,45	Volumétrico	Lluvia
02/10/2021	Punto de captación	12,3	Volumétrico	Lluvia

Fuente: Información suministrada por la autoridad ambiental Cornare, 2023

Figura 12

Aforos fuente hídrica La Sonadora por Cornare



Registro de aforos realizados por las estudiantes

Durante la temporada de verano, el 16 de noviembre de 2023, las estudiantes de administración ambiental y sanitaria llevaron a cabo varios aforos volumétricos en la fuente hídrica del acueducto La Sonadora, específicamente en el punto de salida del vertedero. El propósito era conocer la oferta hídrica de la fuente y en el ingreso a la Planta de Tratamiento de Agua Potable. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 10

Aforo realizado a la fuente por las estudiantes

Fuente hídrica:	La Sonadora		
Fecha de aforo	16/11/2023	23/11/2023	23/11/2023
Sitio de aforo	Salida del vertedero	Salida del vertedero	Ingreso a la PTAP
Caudal total aforado (L/s)	10,7	12,39	6,5
Observaciones:	Verano	Verano	Verano

Se observa una variación en el caudal total registrado en diferentes puntos de medición y fechas. Esto sugiere una fluctuación en la oferta hídrica de la fuente, lo cual puede influir en la disponibilidad de agua para el abastecimiento público. Es importante continuar monitoreando estos caudales para comprender mejor las tendencias a lo largo del tiempo y tomar medidas adecuadas para garantizar un suministro de agua potable seguro y sostenible para la comunidad.

Registro fotográfico aforos

Figura 13

Aforo en el desarenador, realizado por las estudiantes

**Figura 14**

Aforo en la PTAP, realizado por las estudiantes



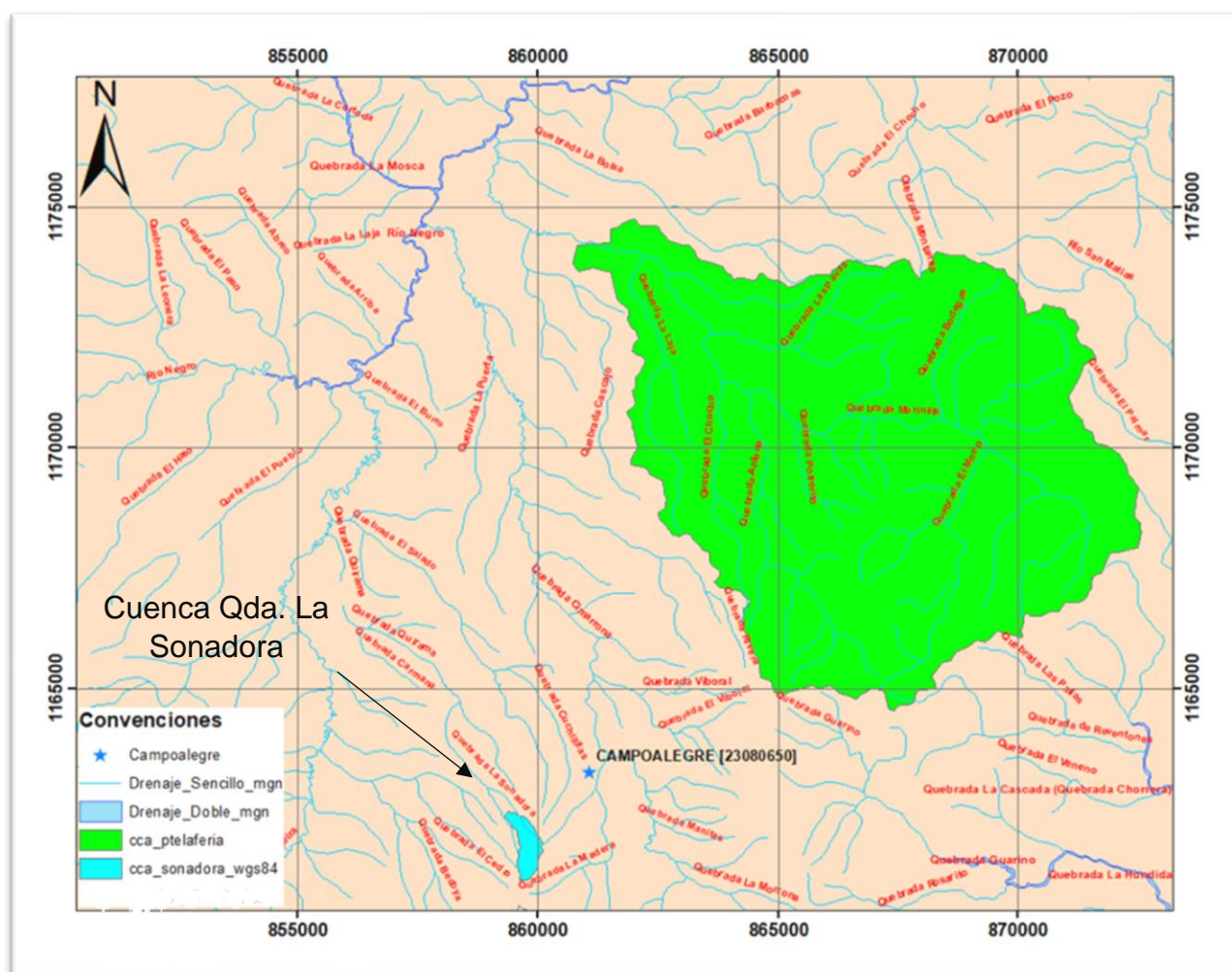
Oferta hídrica de la cuenca de la quebrada La Sonadora

La oferta hídrica puede expresarse a partir del análisis del caudal medido en una estación de registro directamente instalada en una quebrada o río. Lastimosamente, la cuenca de la quebrada La Sonadora no dispone de ninguna estación de registro, por lo cual, la oferta hídrica puede determinarse en función de la precipitación y la evapotranspiración de la cuenca, las cuales corresponde a los flujos hidrológicos más importantes dentro de una cuenca hidrográfica.

En la **Figura 15** se presenta la ubicación de la cuenca La Sonadora (color azul) hasta la captación del sistema de acueducto. Se observa como la quebrada La Sonadora (55,5 Ha) aporta su caudal a la quebrada La Pereira, la cual a su vez aporta las aguas al Río Negro y posteriormente al río Nare. La cuenca en verde corresponde a la cuenca de la quebrada La Marinilla hasta la estación Puente La Feria (74,1 km²).

Figura 15

Localización de la cuenca quebrada La Sonadora

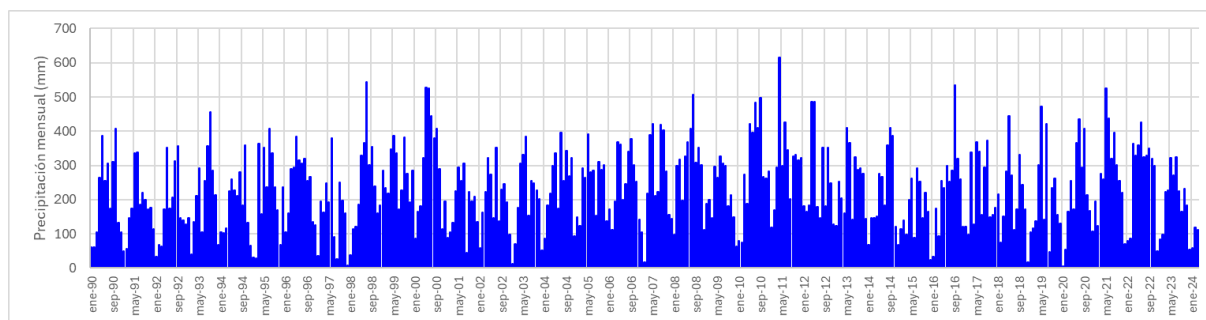


En la **Figura 15** se observa la localización de la estación Campoalegre (23080650) operada por el IDEAM, la cual registra por su cercanía las condiciones de precipitación en la cuenca de la quebrada La Sonadora.

Para analizar la precipitación que registra la estación Campoalegre, se descargó la información correspondiente a la precipitación mensual desde la página <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>. Se presenta en la **Figura 16**, la información disponible entre los años 1990 - 2023 (32 años) presenta valores totales mensuales entre 5 y 616 mm por mes. La variación evidencia que la lluvia presenta una alta variabilidad, lo cual incide directamente en el caudal que se presenta en la quebrada.

Figura 16

Precipitación en la estación Campoalegre entre los años 1990 - 2023



De igual forma, se presenta en la **Figura 17** y

Tabla 11 correspondiente a la variación promedio anual de la precipitación registrada por la estación Campoalegre. Se observa como los valores promedio mensuales varían entre 100 y 349 mm por mes.

Figura 17

Variación promedio mensual de precipitación en la estación Campoalegre

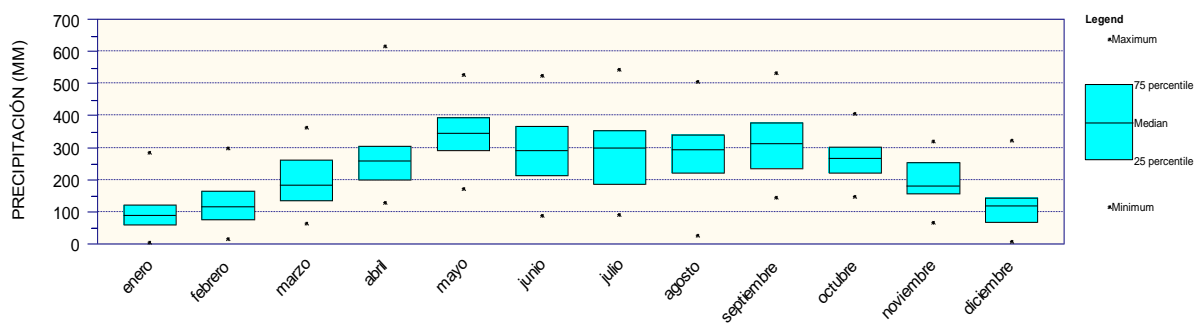


Tabla 11

Valores totales, promedio y estadísticos representativos de la precipitación de la estación Campoalegre

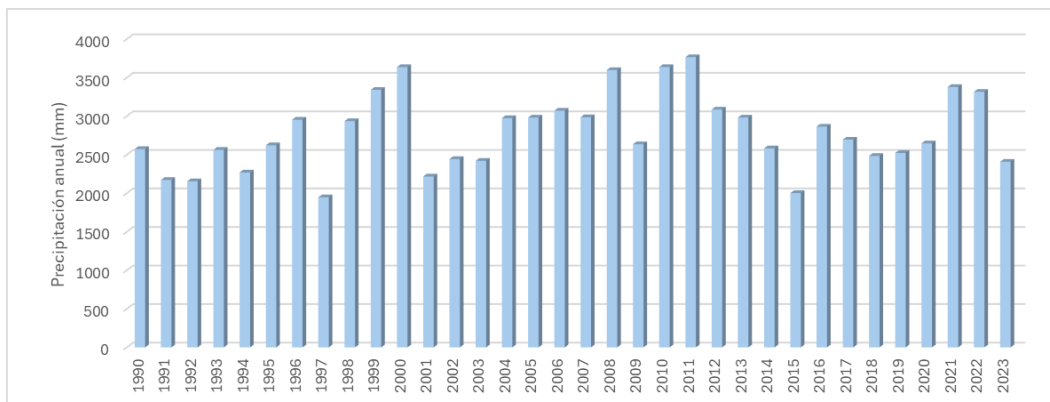
Mes	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Sep	Oct	Nov	Dic
Años de registro	35	35	35	34	34	34	34	34	34	34	34	34
Promedio mensual	100.457	125.486	196.543	268	348.559	290.647	286.676	273.059	310.618	265.5	197.412	123.147
Mediana	88	117	182	258	344	290.5	298	294.5	311	266.5	180	118.5
5%	17	31.75	94.75	152.2	200.6	111.6	117.8	45.4	168.2	153.2	116.2	18.6
25%	59	74.25	135.5	198	291	212	186	220	235	221	155	68
75%	122.25	165.5	260.5	305	392	367	352	340	378	302	252	144
95%	209.75	247.5	357	466.6	518.2	435.8	476	416.2	489.6	381.6	313.2	284.4
Mínimo	5	17	64	129	172	89	91	27	146	147	68	8
Máximo	285	300	364	616	527	525	543	507	534	407	321	322

A partir de los datos de precipitación mensual, se calcula el valor de la precipitación media multianual, cuyo valor es 2790 mm/año, con valores mínimos del orden de 1947 mm/año y un valor máximo de 3765 mm/año.

El régimen de precipitación es bimodal, donde se tienen máximos en los meses de mayo y septiembre, un tiempo de lluvias bajas en los meses de diciembre, enero y febrero, y un tiempo de lluvias menos bajas, llamado veranillo, en los meses de junio, julio y agosto.

Figura 18

Precipitación anual



Con los datos de la lluvia anual, se procede a realizar el balance hídrico en la cuenca, lo cual consiste en restarle a la lluvia el valor de la evapotranspiración anual, obteniendo el valor que escurre anualmente y que permite calcular el caudal promedio anual.

El balance hidrológico de largo plazo tiene como principio físico la ecuación de conservación de masa de agua en el sistema o volumen de control. El balance de largo plazo se estima a partir de la siguiente expresión:

$$R = \int (P - E) dt$$

Donde R es la escorrentía superficial, P es la precipitación media y E es la evapotranspiración real.

Para el cálculo de la precipitación media multianual, se utilizó el método del inverso cuadrado de la distancia (IDW), el cual parte de una ponderación por distancias respecto a las estaciones de referencia. Esta ponderación, al contar con un factor cuadrático, recibe una alta influencia de los valores de precipitaciones de las estaciones de precipitación más cercanas, obteniendo estimaciones concéntricas a partir de los datos base de cada estación de análisis.

$$P_m = \frac{\sum_{i=1}^n P_i * \left(\frac{1}{D_i^2}\right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{D_i^2}\right)}$$

Dónde: P_m es la precipitación media del área de estudio; P_i es la precipitación de la estación de precipitación; D_i es la distancia entre estación y celda correspondiente y n: el número de estaciones de análisis.

Para el cálculo de la temperatura, partiendo de la hipótesis de que esta variable en el trópico varía linealmente con la altura sobre el nivel de mar, se utilizó para el cálculo de la

temperatura media la ecuación propuesta por CENICAFÉ (Chávez y Jaramillo, 1996). Dicha ecuación se obtuvo partiendo de los registros de altura y temperatura de la región andina y es de la forma:

$$T_{media} = 29.42 - 0.0061 * h$$

Dónde: T: Temperatura media de la cuenca; h: Altura sobre el nivel del mar.

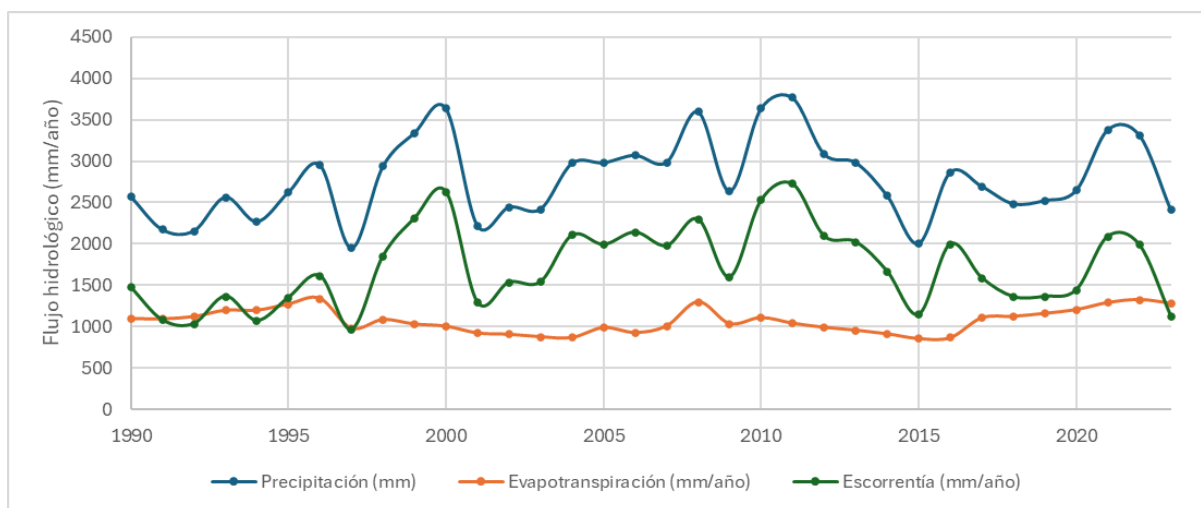
La evapotranspiración real (ETR), por su parte, se estimó a partir de la ecuación propuesta por Turc. Partiendo del ráster de temperatura y del ráster de precipitaciones obtenido a partir de la inversa de la distancia al cuadrado, se generaron los valores de ETR asociados a la cuenca de análisis. Dichas ecuaciones se muestran a continuación:

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Dónde: ETR es la Evapotranspiración real en mm/año; P es la precipitación en mm/año; $L = 300 + 25 * T + 0.05 * T^3$ y T es la Temperatura media anual (°C).

Figura 19

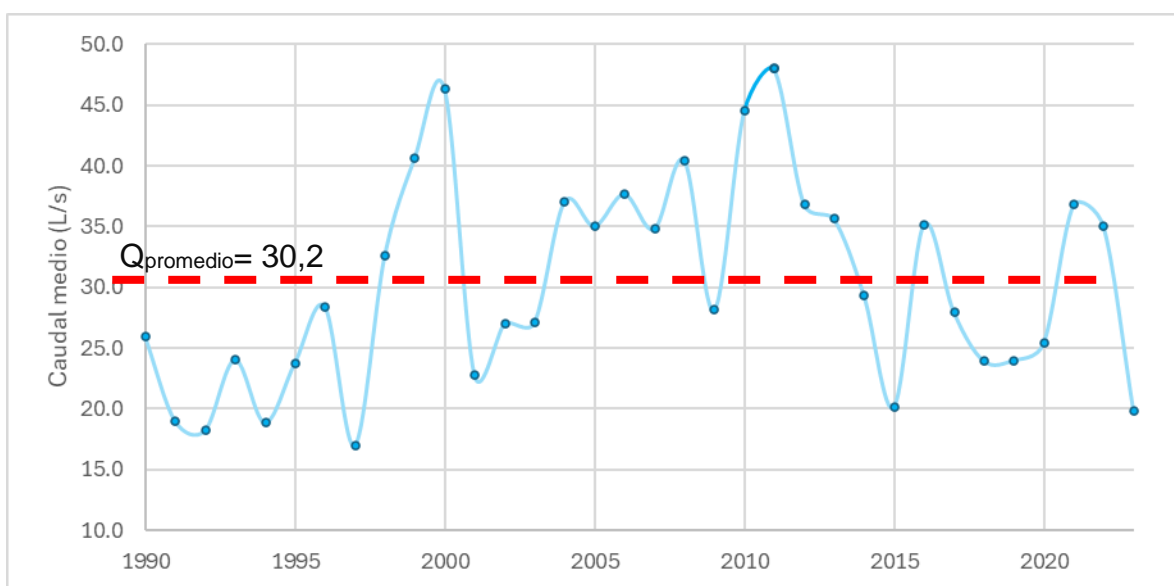
Balance hídrico de la cuenca la quebrada La Sonadora



Se presenta en la siguiente figura el valor del caudal promedio año por año en función de los datos disponibles, de cuyos valores se determina que el caudal promedio en la cuenca es del orden de 30,2 L/s.

Figura 20

Caudal promedio año por año desde 1990 hasta 2020 quebrada La Sonadora



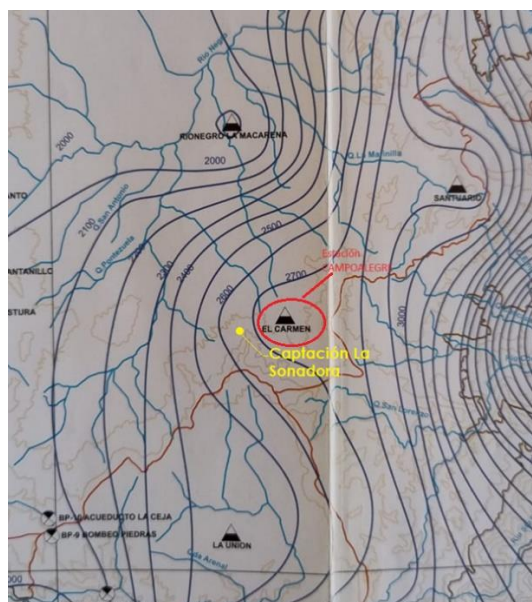
Debe entenderse que, al ser un valor promedio, en ocasiones el caudal en la quebrada tendrá valores menores a 30,2 L/s y en ocasiones valores mayores a este valor, dependiendo de las variaciones mensuales de la precipitación.

También se estimó el caudal medio en la quebrada La Sonadora, en el sitio de captación, considerando un factor de escorrentía que al multiplicarse por la precipitación media multianual y por el área de drenaje de la cuenca determina un valor aproximado del caudal medio multianual. El factor de escorrentía fue obtenido del trabajo de grado Caracterización hidroclimática, morfométrica y oferta hídrica de la microcuenca la Vega Redonda, vereda Guamito, municipio de El Peñol Antioquia año 2023-2024, de las estudiantes pertenecientes a la Universidad de Antioquia (Gallo García & Zapata Marín, 2024). Para la precipitación media multianual se tuvo en

cuenta la curva isohieta más cercana a la microcuenca, la cual tiene un valor aproximado de 2650 mm. Estas curvas presentadas en la **Figura 21** fueron obtenidas de mapas realizados por EPM en 2005.

Figura 21

Localización de captación acueducto La Sonadora



En la **Tabla 12** se presentan los resultados de esta metodología.

Tabla 12

Caudal medio

FUENTE	P (mm/año)	A (km ²)	Factor de escorrentía C	Q medio (L/s)
Qda. La Sonadora	2650	0,555	0,626	29,2

En la **Tabla 12** se muestra que el caudal medio es prácticamente igual al obtenido mediante balance hídrico. Entre los dos resultados se puede concluir que el caudal medio en la captación de la quebrada La Sonadora es de unos 30 L/s.

Estimación de caudales mínimos

Como parte de la caracterización hidroclimática de las cuencas en estudio está la evaluación de los caudales mínimos. Esta información resulta de mucho interés cuando de abastecimientos de agua se trata.

Para la estimación de caudales mínimos se cuenta con fórmulas empíricas resultantes de estudios de regionalización. En este caso las obtenidas para todo el departamento de Antioquia, realizadas por profesionales del Posgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Medellín.

CAUDAL MÍNIMO MEDIO: $\mu_{min} = 10^{-5.155} * A^{0.942} * P^{1.025} \times 1000$, R= 0,974

DESVIACIÓN ESTÁNDAR: $\sigma_{min} = 10^{-5.464} * A^{0.997} * S^{0.218} * P^{0.894} \times 1000$, R = 0,974

Donde,

El caudal mínimo medio y la desviación estándar están en L/s.

A = área de la cuenca en km².

P = precipitación media multianual en mm/año.

R = coeficiente de correlación.

S = pendiente %

Tabla 13

Caudal mínimo medio

Caudal mínimo medio y desviación estándar de la fuente					
FUENTE	A	P	S	Media	Desv. Estándar (L/s)
	km²	mm/año	%	L/s	L/s
Qda. La Sonadora	0,555	2650	27,30	13,0	4,5

Para calcular los caudales mínimos asociados a diferentes periodos de retorno se emplearon las distribuciones de valores extremos Tipo I ó Gumbel, Log-Gumbel, Normal y Log-

Normal. Cada distribución tiene sus propios factores de frecuencia K_{Tr} . La ecuación es la siguiente:

$$Q_{Tr} = u_{min} - K_{Tr} * \sigma_{min}$$

Donde:

Q_{Tr} : Caudal mínimo para un periodo de retorno T_R

U_{min} : Media estimada de los caudales mínimos

σ_{min} : Desviación estándar estimada de los caudales máximos instantáneos.

K_{Tr} : Factor de frecuencia que depende de la distribución y del periodo de retorno

Tabla 14

Caudales mínimos

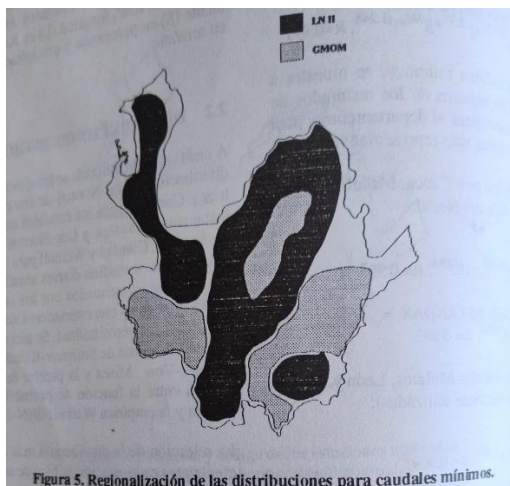
Quebrada La Sonadora				
T. de retorno Años	NORMAL Q mín. (L/s)	LOG-NORMAL Q mín. (L/s)	GUMBEL Q mín. (L/s)	LOG-GUMBEL Q mín. (L/s)
2,33	12,2	9,9	13,0	12,9
5	9,2	3,7	9,7	4,4
10	7,2	1,9	7,1	1,8
20	5,5	1,1	4,5	0,8
25	5,1	0,9	3,7	0,6
50	3,7	0,6	1,3	0,3
100	2,5	0,4	-1,2	0,1

En general, los caudales mínimos disminuyen a medida que aumenta el período de retorno de acuerdo con las cuatro distribuciones de probabilidad utilizadas: Normal, Log-Normal, Gumbel y Log-Gumbel; lo que indica que en un periodo de retorno de 100 años según GUMBEL existe una probabilidad de que la fuente se puede secar.

De acuerdo con la **figura 22** la distribución que mejor se ajusta para la microcuenca La Sonadora es la GUMBEL.

Figura 22

Regionalización de las distribuciones para caudales mínimos

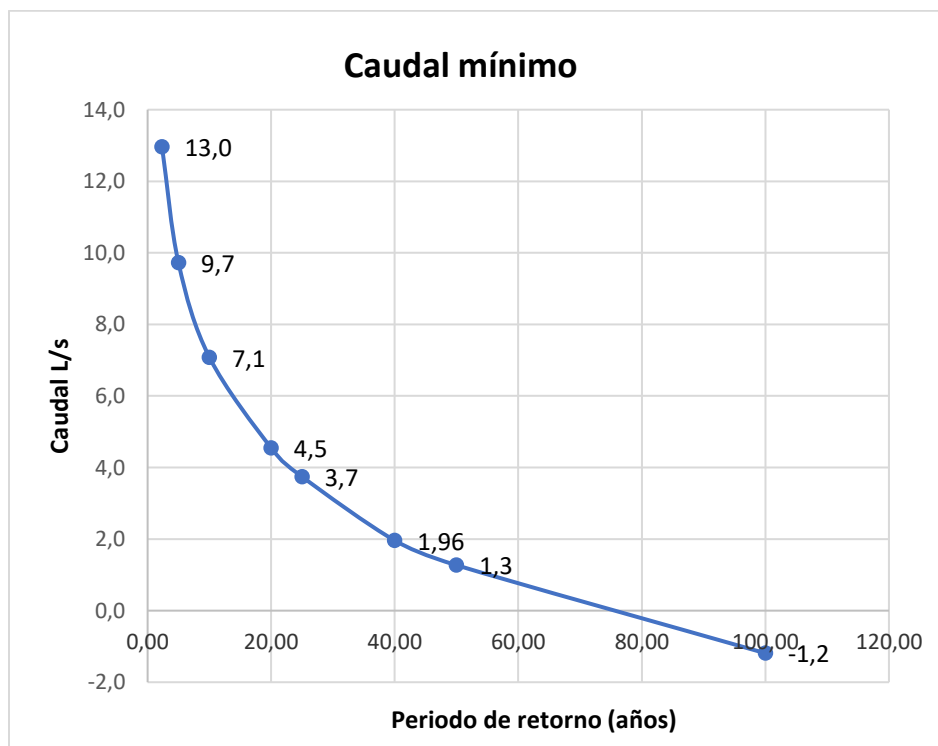


Fuente: imagen tomada del plan maestro de acueducto y alcantarillado del municipio de Salgar – Ant.

Se gráfico la distribución GUMBEL **Figura 23** en la cual se hizo interpolación para ubicar el caudal mínimo de aforo realizado por Cornare 26/04/2016, donde se puede identificar que el periodo de retorno es de 40 años.

Figura 23

Caudales mínimos GUMBEL



El caudal mínimo asociado a un periodo de retorno de 20 años es el mismo Q95, en la curva de duración de caudales, Res 330 art. 49. A este caudal, si le resta el caudal ecológico, daría el caudal disponible para atender QMD al periodo de diseño (25 años).

Caudal ecológico: $4.5 * 25/100 = 1.125$ L/s

Caudal disponible: $4.5 - 1.125 = 3.375$ L/s

10.2.3 Demanda del recurso hídrico

En esta parte se realizó una descripción detallada de las dinámicas en la vereda La Sonadora que influyen directamente sobre la demanda del recurso hídrico, por medio de los instrumentos de recolección de información como lo son observación de campo, mapeo de actores, entrevistas semiestructuradas y encuestas.

Observación en campo

Para la identificación de la demanda se realizó una guía de observación de campo la cual se llevó a cabo en la vereda La Sonadora durante los días 02, 09, 16 y 23 de noviembre de 2023, dirigida por las estudiantes María Verónica Cardona Zuluaga, Lisdey Vanessa Acevedo Gil y Diana María Guarín Duque.

Figura 24

Parte alta vereda La Sonadora



Nota: Zona de protección DRMI Valles de San Nicolas, allí se localiza el nacimiento de la fuente La Sonadora.

Inicialmente, en la caracterización del paisaje se encontró que la vereda La Sonadora se extiende a lo largo de una colina, ofrece una panorámica amplia de la naturaleza que la rodea. Su topografía ondulada, acompañada de suelos fértiles y una densa vegetación, define el paisaje geográfico. Además, el clima es templado, lo que proporciona condiciones óptimas para una variedad de actividades económicas, como la agricultura, floricultura, gastronomía y creación de parcelas. Asimismo, las viviendas en la vereda muestran una diversidad arquitectónica, construidas generalmente en dos niveles y utilizando una mezcla de materiales que incluyen hierro, madera y adobe.

Con respecto a la caracterización de centros poblados la vereda La Sonadora se divide en dos sectores: Sonadora parte alta, situada en la zona montañosa, y La Sonadora parte baja, ubicada en la región más plana, separadas por la vía departamental El Carmen - Canadá. En la parte alta no se identifican centros poblados, ni viviendas de más de dos plantas. En contraste, en la parte baja se encuentra un centro poblado con aproximadamente 50 viviendas, gran parte de estas tienen hasta tres pisos de altura. Sin embargo, según el PBOT este centro poblado se encuentra en alto riesgo, por su ubicación y topografía, por lo que es propenso a deslizamientos,

Además, la mayoría de las personas son foráneas, por lo cual vienen con culturas diferentes, esto conlleva a una inadecuada gestión de los residuos sólidos; asimismo, el uso eficiente y el ahorro del agua son desafíos importantes en esta zona. En cuanto al sistema de saneamiento, algunas viviendas cuentan con alcantarillado y otras con pozos sépticos. Sin embargo, de acuerdo con lo evidenciado en la guía de observación, la falta de tratamiento de aguas grises en algunos sectores es evidente e importante para evitar posibles impactos negativos en la fuente hídrica y en el suelo.

Figura 25

Centro poblado alto de los bomberos vereda La Sonadora



Fuente: Google Earth Pro, 2023

Figura 26

Centro poblado Los Bomberos



Nota: Centro poblado con más 50 viviendas, zona de alto riesgo

Además, de este centro poblado, existen dos pequeños núcleos de población entre 15 y 25 viviendas cada uno, que presentan características similares a las mencionadas anteriormente. En cuanto, a centros poblados dispersos se han identificado varios, cada uno compuesto por aproximadamente hasta tres viviendas. Estas suelen ser unifamiliares o bifamiliares, ya que se construyen de acuerdo con el tamaño de la familia y la distribución de las herencias.

Figura 27

Pequeños centros poblados vereda La Sonadora



Nota: centros poblados con aproximadamente 15 viviendas cada uno

Fuente: Google Earth Pro, 2023

Con relación, a la cobertura de servicios públicos, el suministro de agua es realizado por la Asociación de Socios del Acueducto y Alcantarillado Sonadora – Garzonas, el cual realiza su captación de la fuente hídrica La Sonadora. Este sistema de acueducto posee bocatoma, desarenador, planta de tratamiento, tanque de almacenamiento y red de distribución para garantizar un agua potable y segura a la mayoría de la población veredal. Sin embargo, es importante señalar que alrededor de 20 viviendas ubicadas antes de la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) no tienen acceso directo al servicio de acueducto, para suplir esta necesidad, cuentan con concesiones de agua o registro único de recurso hídrico RURH otorgadas por la autoridad ambiental; igualmente, para los cultivos de hortensias, tomate de aliño, pecuario y tilapias.

Registro fotográfico Componentes del sistema de acueducto La Sonadora

<p>Figura 28</p> <p><i>Bocatoma acueducto La Sonadora - Garzonas</i></p> 	<p>Figura 29</p> <p><i>Vertedero acueducto La Sonadora - Garzonas</i></p> 
<p>Figura 30</p> <p><i>Desarenador acueducto</i></p>	<p>Figura 31</p> <p><i>Planta de Tratamiento de Agua Potable</i></p>



Figura 32

Tanque dosificador cloro



Figura 33

Tanque dosificador



Figura 34

Laboratorio



Figura 35

Ingreso tanque de almacenamiento



En cuanto a las vías de comunicación en la vereda La Sonadora está atravesada por la vía departamental El Canadá - El Carmen, la cual conecta con la autopista Medellín Bogotá a la altura del municipio de El Santuario; igualmente la vereda La Sonadora conecta con la vía Rionegro - La Ceja, que está a su vez comunica con el aeropuerto José María Córdoba, la zona franca, la base aérea, centros comerciales, centros de salud como: Clínica Somer, Hospitales San Juan de Dios de los municipios de Rionegro y la Ceja, Hospital Universitario San Vicente de Paúl. Además, cuenta con vías alternas, que comunican con otras veredas como: Camargo, El Cerro, Samaria, Quirama, Granadillo.

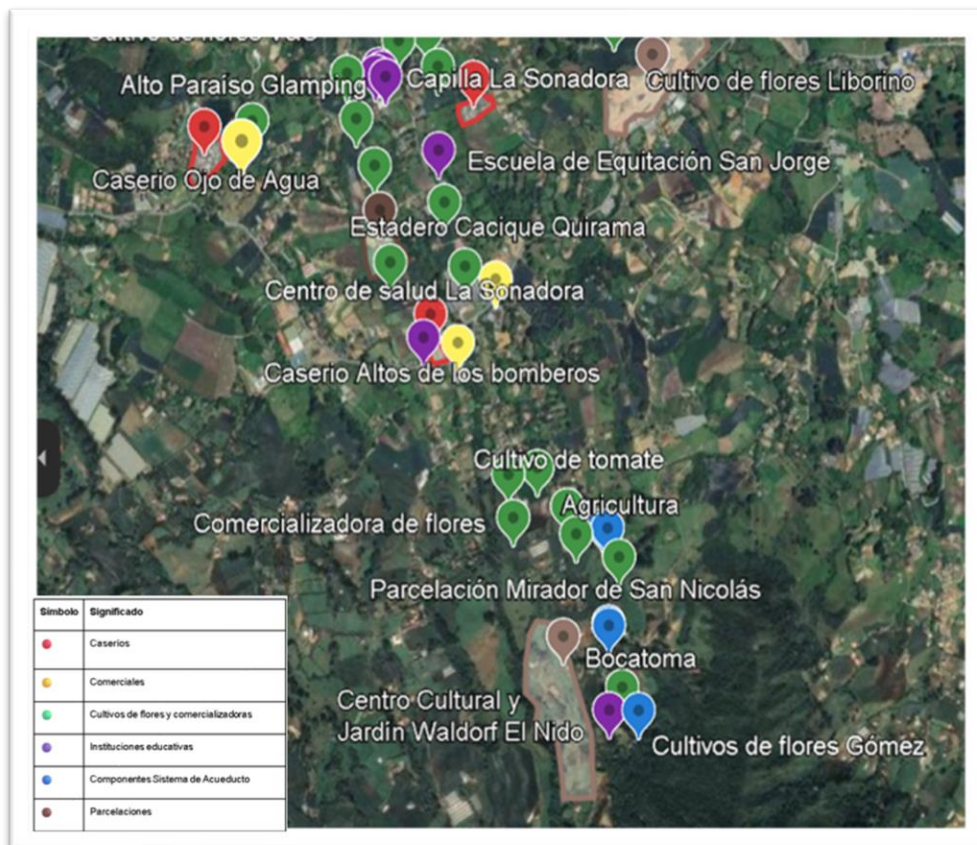
Por otro lado, la infraestructura en la vereda se caracteriza por su diseño funcional, adaptado a las necesidades de la comunidad, promoviendo el desarrollo social, educativo y recreativo. Al explorar sus principales proyectos, se observa una combinación de edificaciones

prácticas, espacios comunitarios y facilidades que fomentan el bienestar general. Entre los proyectos más destacados se encuentran:

- Centro de salud La Sonadora
- Centro Educativo Rural Santa María
- Centro de Desarrollo Infantil Samaria - Sonadora
- Jardín Cultural El Nido
- Capilla La Sonadora
- Caseta comunal
- Estadero Cacique - Quirama
- Mirador de Chalo
- Bomba Texaco
- Parcelación Mirador de San Nicolas
- Parcelación El Eden
- Parcelación Monte Quimera
- Planta de Tratamiento de Agua Potable
- Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
- Placa polideportiva

Figura 38

Mapa de infraestructuras principales existentes - Vereda La Sonadora



Registro fotográfico de las infraestructuras principales existentes

Figura 39

Cultivo de hortensias parte alta



Figura 40

Jardín Cultural El Nido

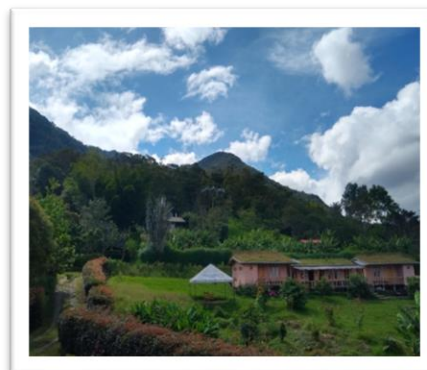


Figura 41

Parcelación Mirador de San Nicolas

**Figura 42**

Lote parcelación Mirador de San Nicolas

**Figura 43**

Vivienda de la Parcelación Mirador de San Nicolas

**Figura 44**

Cultivo de hortensias



Figura 45*Salón Comunal***Figura 46***Placa polideportiva***Figura 47***Capilla La Sonadora***Figura 48***Centro Educativo Rural Santa María*

Figura 49*Estación de servicio***Figura 50***Centro de salud*

Con relación a la caracterización económica en la vereda La Sonadora parte alta y baja se desarrollan diferentes actividades económicas. Una de ellas es la agricultura con cultivos de zanahoria, repollo, maíz, lechuga, frijol, papas, tomates, cilantro entre otros, es importante resaltar que esta actividad económica es pequeña escala a comparación con el sector floricultor que prevalece en la vereda con más grandes extensiones de tierra, donde se cultiva y comercializa la hortensia. Además, se encuentran dos galpones ubicados en la vereda la Sonadora Parte Baja y Alta, donde se desarrollan pequeñas ventas de este sector avicultor. En cuanto a recreación, la oferta es variada, con piscina y restaurante “Estadero Cacique Quirama”, así como establecimientos comerciales como el Mall y Gasolinera “El Canadá” que ofrecen servicios gastronómicos y de combustible. También se destaca el “Café de la montaña” como mini restaurante y cafetería en la Parte Alta, y una escuela de equitación llamada “San Jorge” en la Parte Baja.

En lo que respecta a la caracterización ambiental en relación a las zonas de protección del recurso hídrico, estas ocupan la Parte Alta de la vereda La Sonadora, abarcando alrededor de 30 hectáreas. La actividad principal es de protección como siembra de árboles nativos y vigilancia para la conservación del ecosistema. Además, el área de captación para el abastecimiento del acueducto La Sonadora se encuentra ubicada en un bosque de protección,

en la parte media de la montaña, está bien protegida y delimitada con cercos compuestos por estacones de madera inmunizada y alambre de púa, con el fin de evitar accesos no autorizados y protegerla de posibles contaminantes antropogénicos, y adicionalmente tiene diversos letreros que hacen alusión al cuidado. Además, semanalmente se realizan inspecciones regulares, trimestralmente actividades de limpieza y programas para preservar la biodiversidad en la zona.

Por otro lado, en la Parte Alta no se registran cultivos agrícolas, floricultores, fábricas, explotaciones ganaderas, cría de animales, minería e hidrocarburos que puedan generar afectaciones por plaguicidas o sustancias tóxicas y demás vertimientos que puedan generar contaminación.

En la actualidad, la vereda La Sonadora se utilizan dos sistemas de tratamiento de aguas residuales el primero es la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) ubicada en la parte baja; esta es administrada por el acueducto veredal La Sonadora - Garzonas. Este sistema es por gravedad, no alcanza a cubrir todas las viviendas debido a limitaciones en las cotas hidráulicas que impiden el transporte del fluido hacia la planta. Con aproximadamente 255 usuarios tanto en la Parte Alta como en la Parte Baja, las aguas residuales domésticas son canalizadas desde los hogares mediante tuberías hacia el sistema de alcantarillado, el cual las conduce hacia la planta de tratamiento. Allí se lleva a cabo un pretratamiento y tratamiento primario antes de verterlas en la quebrada La Sonadora.

Por otro lado, se encuentran soluciones individuales, conocidas como de pozos sépticos o Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas STARD; estos son utilizados en la mayoría de las viviendas de la vereda. Se distinguen dos tipos: los de concreto y los prefabricados. Las aguas residuales fluyen desde las viviendas hacia un tanque séptico enterrado en el suelo, compuesto por 3 compartimentos que facilitan el tratamiento adecuado. Finalmente, las aguas son vertidas al suelo en campos o pozos de filtración.

En cuanto a los usos del suelo el acueducto Sonadora — Garzonas tiene ubicado el sistema de captación en la microcuenca de la quebrada La Sonadora, dentro del área de protección Distrito Regional de Manejo Integrado DRMI Cerros de San Nicolás, no hay presencia de actividades antropogénicas. Las condiciones ambientales de la microcuenca son óptimas y con cobertura vegetal de bosques secundarios. El predio está bien reforestado y funciona como ecosistema estratégico para la conservación del recurso hídrico. Sin embargo, aproximadamente 13 hectáreas están ocupadas de Pino Patula y Ciprés, con planes de aprovechamiento

autorizados por la autoridad ambiental Cornare el permiso forestal. Posteriormente, se tiene planeado hacer reforestación con árboles nativos para la protección del recurso hídrico, con la finalidad de aumentar el caudal en el futuro.

En la vereda La Sonadora los estudios geotécnicos y de ingeniería han identificado la presencia de suelos altamente susceptibles a la erosión y la inestabilidad, lo que contribuye a evaluar la amenaza de deslizamientos. Entre estos suelos se ubica el sector Los Bomberos, una zona con alto riesgo de deslizamiento y está siendo urbanizado de manera desmedida, lo que pone en riesgo la población asentada en esa área. Las estructuras construidas en la zona, como carreteras, viviendas o infraestructuras, pueden mostrar signos de daño, como grietas en las paredes o cimientos desplazados. Además, las vías de agua, como arroyos o ríos, pueden experimentar cambios en su curso debido a los deslizamientos, lo que agrava la amenaza para la población y la infraestructura.

La gestión de residuos sólidos en la vereda La Sonadora está a cargo de la Empresa La Cimarrona E.S.P, la única prestadora de este servicio en el municipio. La recolección de los residuos inorgánicos se lleva a cabo los lunes y jueves, con destino al relleno sanitario de El Carmen de Viboral, ubicado en la vereda Alto Grande. En cuanto al reciclaje, la Cooperativa Alborada se encarga de recoger los materiales reciclables y los transporta a las Estaciones de Clasificación y Aprovechamiento de Recursos (ECAS) en los barrios Villa María y Tahamíes (villa campesina). Por su parte, los residuos orgánicos en la zona urbana los recoge La Cimarrona E.S.P y posteriormente son tratados en el relleno sanitario para generar abono orgánico, donado a grandes cultivos. En la parte rural, no se realiza la recolección de estos residuos; ya que se espera que los generadores aprovechen el entorno rural, ideal para la descomposición orgánica. En cuanto a la recolección de envases de agroquímicos, estas se realizan 4 veces al año por la empresa Campo Limpio quien se encarga de hacer la adecuada disposición final. Dado que el carro recolector no puede acceder a todos los lugares de la vereda, se han establecido puntos de acopio donde los usuarios depositan sus residuos para luego ser recogidos por el vehículo compactador. En la parte alta, el camión de residuos solo llega hasta el sector de la planta, donde se ha habilitado un punto de acopio. En la vía principal, los residuos se depositan en las orillas de la vía, mientras que en la parte baja, el carro recolector solo llega hasta la escuela, donde se encuentra otro punto de acopio.

La elección de plaguicidas y sustancias químicas en la agricultura y floricultura varía según la región, las prácticas agrícolas y las plagas específicas que afectan a los cultivos. A

continuación, se mencionan algunos de los plaguicidas y sustancias químicas comúnmente utilizados en algunos cultivos de la vereda:

Tabla 15

Tipos de plaguicidas o sustancias químicas utilizadas en los diferentes cultivos

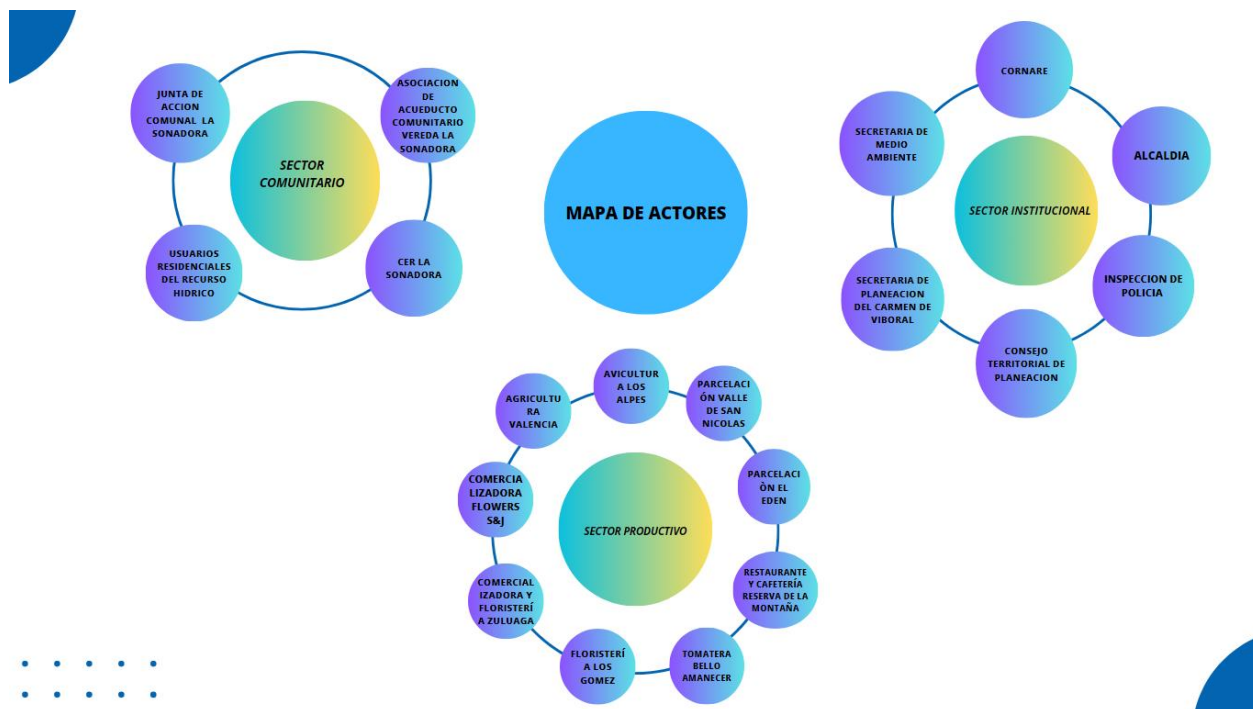
Cultivos	Fungicidas	Insecticidas
Hortensias	Maneb, Captan, Fosetil-Al.	Malatión.
Papas	Clorotalonil, Mancozeb.	Imidacloprid, Clorpirifos.
Tomates	Clorotalonil, Cobre, Azoxistrobin.	Bifentrina, Spinosad.
Zanahorias	Tiofanato-metilo, Dicloran.	Carbaryl, Lambda-cialotrina.
Repollo	Cimoxanilo, Propamocarb.	Bacillus thuringiensis, Permetrina.
Lechuga	Difenoconazol, Azoxistrobin.	Spinosad, Acefato.
Cilantro	Mancozeb, Cobre.	Piretrinas, Metomilo.

Mapeo de actores

Con el fin de identificar la demanda del recurso hídrico en la vereda La Sonadora, se realizó un mapeo de actores, herramienta que permitió identificar diferentes escenarios sobre los cuales se mueven los distintos actores y que demandan el recurso hídrico, estos escenarios son: comunitario, institucional y productivo. A través de esta herramienta se corroboró que cada actor tiene intereses y roles específicos relacionados con el acceso, calidad, continuidad y gestión del agua, por esta razón para conocer a fondo su relación con el recurso hídrico se utilizaron diferentes instrumentos de recolección de información, tales como encuestas y entrevistas, lo cual permitió una visión integral de los diferentes agentes implicados en la gestión del recurso hídrico en la comunidad. A continuación, se muestran los resultados de la aplicación de esta herramienta de análisis.

Figura 51

Mapeo de actores de la demanda del recurso hídrico



Tal y como se puede evidenciar en la **Figura 51** un actor principal en el sector comunitario es la Asociación de usuarios del acueducto y alcantarillado Sonadora Las Garzonas, cuyo interés principal es garantizar el abastecimiento de agua a los usuarios de la vereda. Su rol fundamental se despliega a través de los delegados del acueducto comunitario y la junta directiva encargada de gestionar y mantener el sistema de acueducto. Para recopilar información relevante y comprender las necesidades de la comunidad, se empleó el método del grupo focal, permitiendo así una participación activa y representativa en donde se corrobora que su participación y relación con el recurso hídrico es directa al ser la organización que se encarga de la prestación del servicio.

Otro actor que desempeña un papel esencial en la demanda del recurso hídrico en la vereda La Sonadora son los usuarios, su principal interés es el acceso al agua potable con disponibilidad, calidad y continuidad. Además, actúan como veedores en el buen manejo del acueducto, por medio de encuestas se conoció las necesidades y preocupaciones, así como sus percepciones sobre la gestión del agua en la región. A su vez, la Junta de Acción Comunal es otro actor clave, ya que se encarga de velar por la buena administración de los recursos hídricos, supervisando el funcionamiento adecuado del acueducto comunitario y promoviendo prácticas que aseguren un uso eficiente y ahorro del agua.

Por su parte, el Centro Educativo Rural La Sonadora busca garantizar que tanto los estudiantes como el personal educativo tengan acceso a un suministro de agua potable de calidad, además, se dedica a educar a sus alumnos sobre la importancia de conservar y utilizar el agua de manera responsable.

Con respecto al sector institucional un actor que desempeña un papel central en la gestión del recurso hídrico es la Administración municipal de El Carmen de Viboral. Su rol abarca la planificación, regulación, suministro y conservación del agua en la comunidad, se realizó entrevista semiestructurada a la secretaria de planeación, proporcionando una visión más amplia de las estrategias y acciones que realizan para abordar los desafíos relacionados con el crecimiento urbano y la gestión del recurso hídrico en el municipio.

Otro actor importante del sector institucional es la Autoridad ambiental; ya que se encarga de velar por la conservación del recurso hídrico y de promover el desarrollo sostenible en la región, coordinando acciones con otras entidades para una gestión integral del recurso hídrico. Su labor es fundamental para garantizar la disponibilidad y calidad del agua para las comunidades y el ecosistema en su conjunto.

Con relación, al sector productivo se destacan los comercializadores de floristería, parcelaciones urbanísticas y cultivos agrícolas ubicados en la zona de estudio. Al requerir tanto agua potable para sus actividades domésticas como agua sin potabilizar para sus cultivos, estas actividades ejercen una influencia directa en la dinámica de la cuenca hidrográfica local. Su demanda directa de agua resalta la importancia de asegurar un suministro continuo, así como de mantener la calidad del agua en la región.

Histórico de permisos de concesión de aguas otorgado por la autoridad ambiental Cornare.

La presente información ofrece un análisis detallado del histórico de permisos de concesión de aguas otorgado por la autoridad ambiental Cornare en la vereda La Sonadora, estos permisos representan una parte fundamental de la gestión del recurso hídrico, ya que regulan el acceso y uso del agua por parte de diversos sectores, desde actividades domésticas hasta industriales y agrícolas. A través de este análisis, se busca comprender las tendencias, patrones y distribución de estas concesiones a lo largo del tiempo, así como su impacto potencial en el medio ambiente y en las comunidades locales.

Tabla 16

Concesiones otorgadas por Cornare en la vereda

Año	N° Concesiones de agua	Razón social	Caudal total concesionado (L/s)	Nombre de la fuente	Código cuenca nivel subsiguiente 3 (NSS3)	Usos	Caudal (L/s)
2018	5	Natural	0,1364	La Sonadora	23-08-01-14-30	Doméstico	0,074
						Prados y jardines	0,0124
						Hortensias	0,05
						Aguacate	0,005
2020	1	RENOVACIÓN Jurídica privada Asociación de socios del acueducto y alcantarillado Sonadora Las Garzonas	3,8	La Sonadora	23-08-01-14-30	Doméstico	3,8
						4	Jurídica privada
2021	1	Natural	0,264	La Sonadora	23-08-01-14-30	Equinos	0,013
						Plantas aromáticas	0,013
						Prados y jardines	0,2531

Fuente: Información suministrada por la autoridad ambiental Cornare

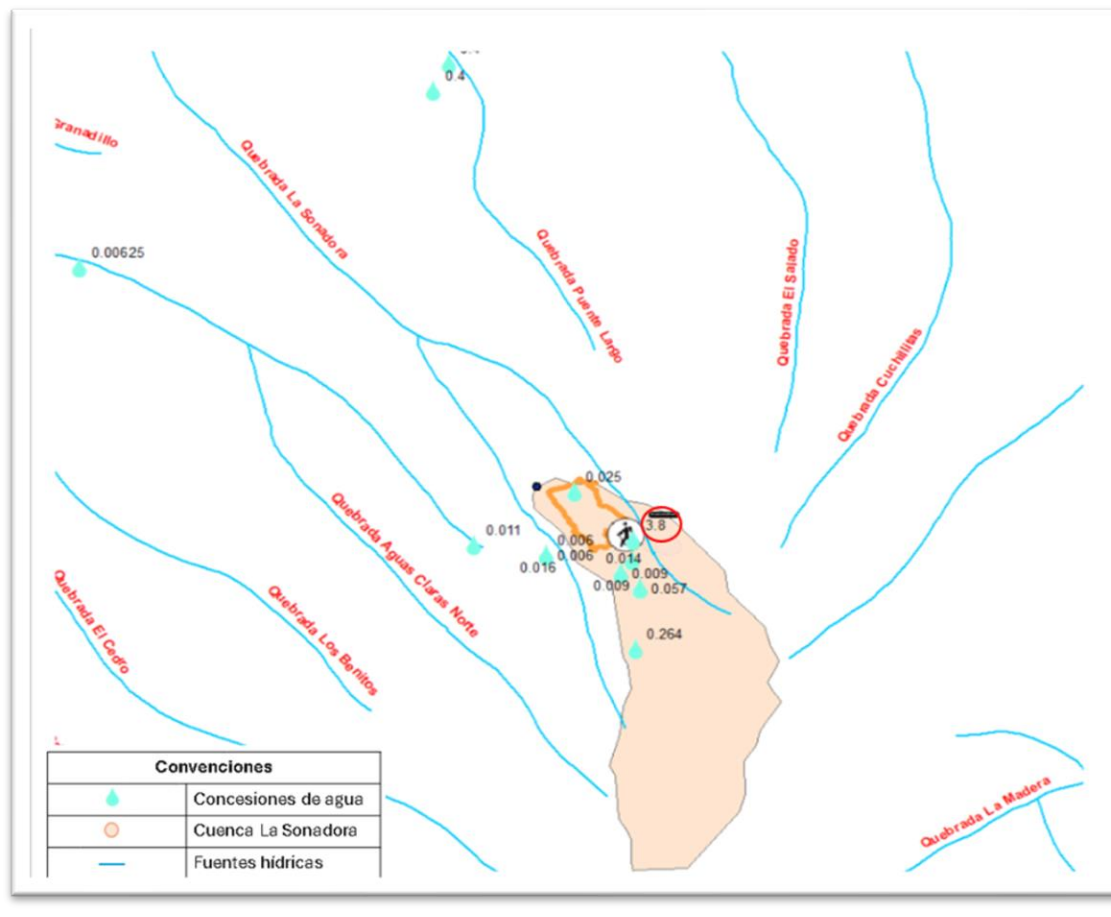
Tabla 17

Consolidado de caudales de acuerdo con los usos

Usos		Caudal (l/s)
Doméstico	Doméstico	4,138
Cultivos de flores	Hortensias	0,05
	Prados y jardines	0,0124
TOTAL		4,2004

Figura 52

Concesiones de acuerdo con información suministrada CAR



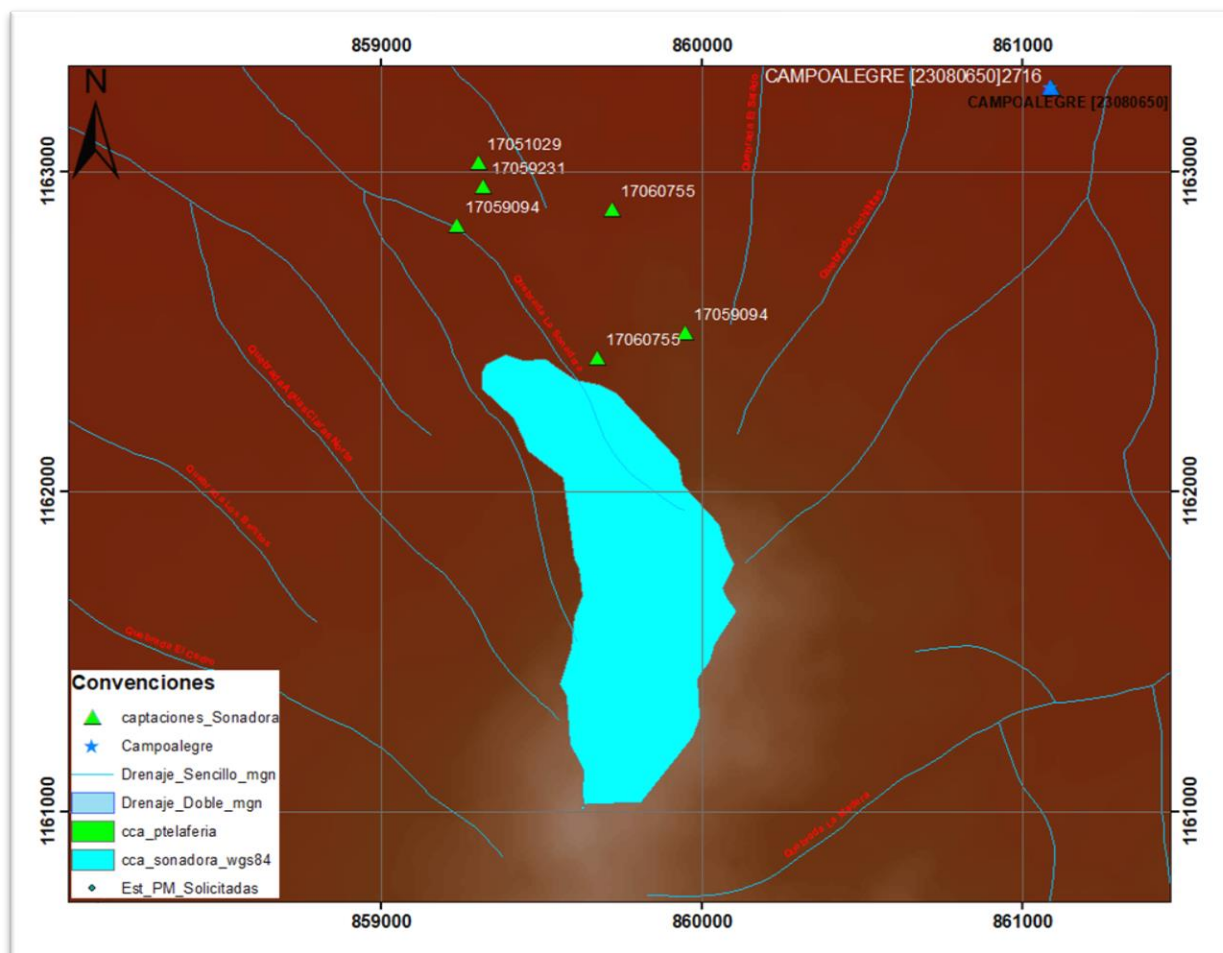
El análisis de los permisos de concesión de aguas otorgados por la autoridad ambiental Cornare revela tendencias destacables en los caudales y en los usos del agua, con una distribución diversa y significativa del recurso en la zona de estudio. El uso doméstico representa la mayor asignación de agua, indicando una alta demanda para consumo humano y actividades cotidianas. Además, los caudales destinados a cultivos de flores reflejan la importancia de esta industria en la vereda. Este análisis subraya la necesidad de una gestión eficiente y equitativa del agua para satisfacer las diversas necesidades de la comunidad mientras se garantiza la sostenibilidad del recurso a largo plazo.

Por otra parte, para corroborar la información se realizó un análisis de la demanda, se consultó en el portal de Cornare (<https://www.cornare.gov.co/informacion-cartografica-tematica->

[cornare/](#)), de donde se descargó el shape de captaciones, concesiones y vertimientos. Tras filtrar las captaciones de la base de datos referentes a la Cuenca La Sonadora, se encontraron 6 registros, los cuales se presentan en la siguiente figura.

Figura 53

Captaciones autorizadas por CORNARE en la cuenca de la quebrada La Sonadora



Nota: Captaciones según shape de Cornare

Como se puede observar, estos registros tienen un total de 0,242 L/s, indicando una oferta hídrica disponible de 4,187 L/s.

Esta consulta se realizó con el fin de validar la información que hay en el Geoportal de la autoridad ambiental Cornare, pero no se consideró confiable, por lo que se cree más en la información de registro consultada que se tiene en la información antes mencionada.

Tabla 18

Concesiones de acuerdo información shape CAR

id usuario	Nom_municipio	Dirección	Num_Res_c a	Oferta hídrica	Oferta disponibl e	Estado captació n	Cauda l
1705909 4	Carmen de Viboral	La Sonadora	131-0138-14	5,883499	4,186799	Bueno	0,135
1705923 1	Carmen de Viboral	La Sonadora	131-0378-13	5,883499	4,186799	Bueno	0,14
1705102 9	Carmen de Viboral	La Sonadora	131-0390-14	5,883499	4,186799	Bueno	0,14
1706075 5	Carmen de Viboral	La Sonadora	131-0713-14	5,883499	4,186799	Bueno	0,036
1706075 5	Carmen de Viboral	La Sonadora	131-0713-14	5,883499	4,186799	Bueno	0,036
1706909 4	Carmen de Viboral	La Sonadora	131-0193-14	5,883499	4,186799	Bueno	0,007

RURH Registro Único del Recurso Hídrico otorgado por la CAR

Por medio de la siguiente información de los Registros Únicos del Recurso Hídrico otorgado por la autoridad ambiental Cornare, en el cual para el año 2021, se emitieron un total de 2 RURH, mientras que en 2022 este número aumentó a 11. Se analizarán los caudales totales concesionados, y los usos específicos del agua.

Tabla 19

RURH otorgada por la autoridad ambiental Cornare

Año	No. Concesiones de agua	Razón social	Caudal total concesionado (L/s)	Nombre de la fuente	Código cuenca nivel subsiguiente 3 (NSS3)	Usos	Caudal (L/s)
2021	2	Natural	0,016	La Sonadora	23-08-01-14-30	Doméstico	0,016
2022	11	Natural	0,1851	La Sonadora	23-08-01-14-30	Doméstico Hortensias	0,0851 0,1

Fuente: Información suministrada por la autoridad ambiental Cornare

La información proporcionada por la autoridad ambiental detalla el número de Registros Únicos del Recurso Hídrico RURH otorgados en los años 2021 y 2022, junto con los caudales totales concesionados y los usos específicos del agua. En 2021, se otorgaron 2, con un caudal total concesionado de 0.016 L/s, destinado exclusivamente para uso doméstico. Por otro lado, en 2022, se registraron 11, con un caudal total concesionado de 0.1851 L/s, distribuido entre el uso doméstico (0.0851 L/s) y el uso en cultivos de hortensias (0.1 L/s) en la vereda La Sonadora.

De acuerdo con la información otorgada de las concesiones de agua y los RURH por la autoridad ambiental en formato .xls, se obtiene que la fuente hídrica La Sonadora tiene un caudal concesionado total de 4.4015 L/s.

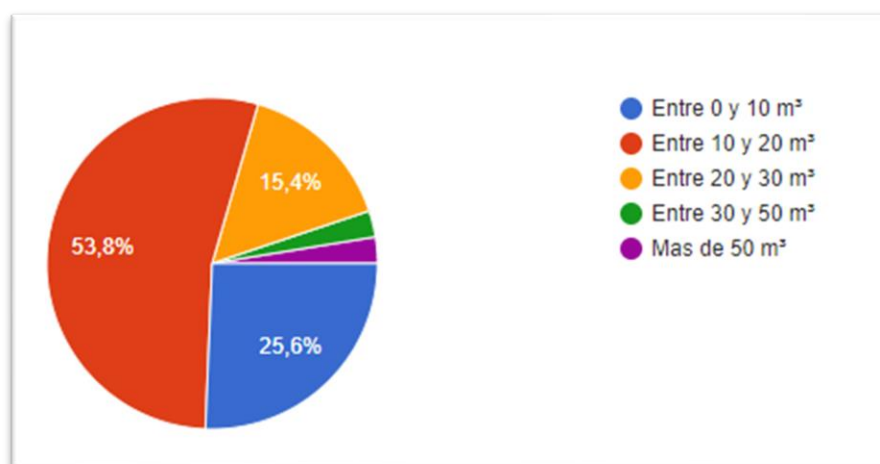
Resultados de la encuesta

Durante el mes de diciembre del año 2023 con el fin de comprobar los usos del agua que los distintos usuarios realizan, se llevó a cabo una encuesta, la cual fue contestada por 40 personas que manifiestan vivir en la vereda en un promedio de 10 a 50 años, y quienes que accedieron a diligenciar la información. De esta encuesta se destacan los siguientes análisis.

El 94,9% de las personas encuestadas manifiestan que el agua que usan diariamente proviene del acueducto de la vereda La Sonadora; los demás, afirman que están recibiendo el agua de vecinos o de alguna empresa cercana. Estas personas afirman que el promedio de consumo en metros cúbicos al mes se manifiesta en los siguientes rangos:

Figura 54

Metros cúbicos utilizados por los usuarios

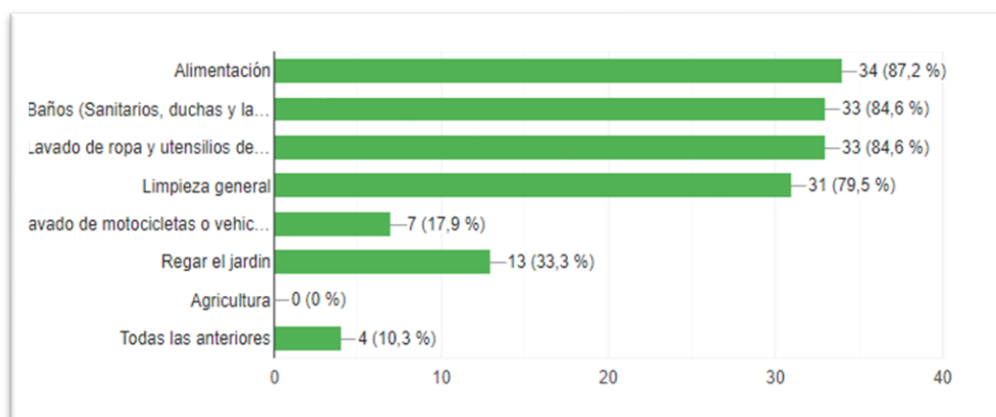


El 82.1% de las personas encuestadas manifiestan que el servicio es bueno y muy bueno; sin embargo, un porcentaje inferior manifiesta que el servicio es regular, esta opinión se argumenta para muchos en que no siempre se tiene la prestación del servicio porque se realizan racionamientos, lo cual genera malestar en la comunidad.

El 97,4% de las personas mencionan que el uso que le dan a agua es doméstico, el cual es utilizado en alimentación, baños (sanitarios, duchas, lavamanos), lavado de ropa y utensilios de cocina, también en la limpieza en general. Los porcentajes detallados se manifiestan en la siguiente imagen:

Figura 55

Tipos de usos del agua de los habitantes de la vereda La Sonadora



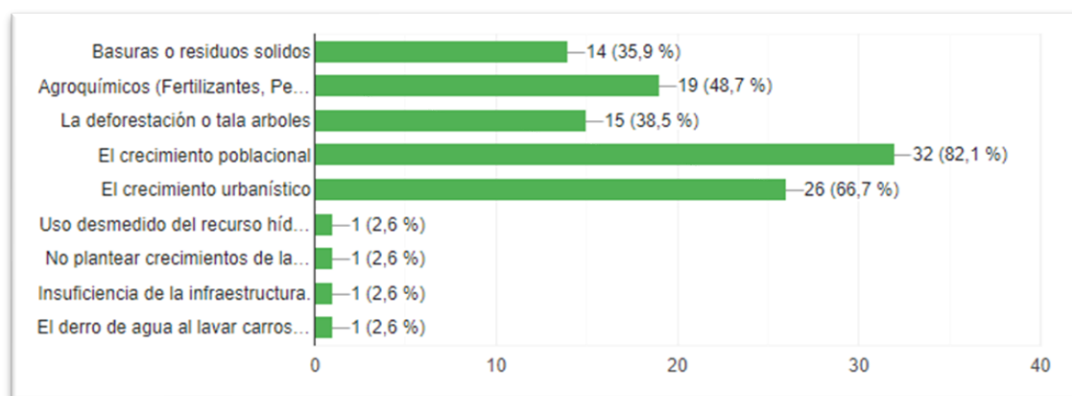
Por otra parte, la población encuestada expresa que han presenciado el racionamiento de agua, de estos el 3,1% presencian racionamiento ocasionalmente y el 96.9% en épocas de verano quedando sin servicio entre 6 y 10 horas aproximadamente.

En cuanto a las acciones realizadas por cada usuario para cuidar el agua las principales son: adecuada disposición de residuos sólidos, reuso del agua en diferentes actividades domésticas y siembra de árboles.

Con relación a las amenazas que presenta el recurso hídrico en la vereda se encuentran las siguientes:

Figura 56

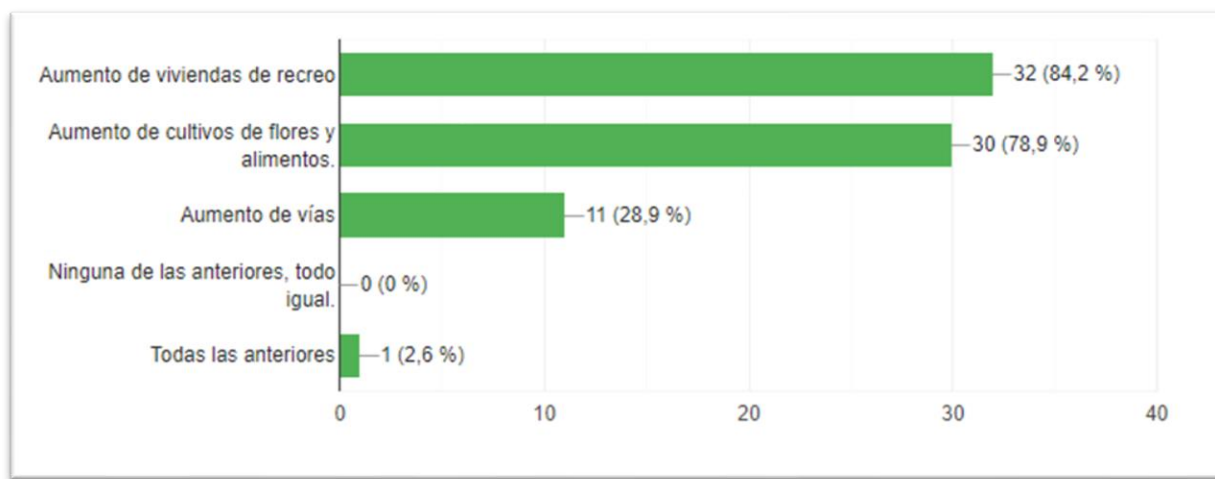
Amenazas del recurso hídrico en la vereda



Finalmente, se evidencian los cambios en la vereda en los últimos 10 años, demostrando las transformaciones que ha sufrido el territorio; a continuación, se muestran los factores que han conllevado dicho cambio:

Figura 57

Factores que generan transformaciones en el territorio



Resultados entrevistas semiestructuradas

Autoridad Ambiental Cornare

En las instalaciones de Cornare se llevó a cabo la entrevista con el funcionario del área de recurso hídrico Juan Pablo Castaño quien es el encargado de revisar técnicamente los trámites de ocupación de cauce, dentro de la ronda hídrica de las fuentes de la jurisdicción de la corporación. Entre los principales desafíos ambientales que enfrenta el Oriente, Juan Pablo nos cuenta sobre el crecimiento que ha tenido el territorio generando este, una intervención en los usos del suelo lo que conlleva a un impacto de los recursos naturales, representando así un reto de desarrollo sostenible.

En cuanto a la relación de la autoridad ambiental con la comunidad local para la toma de decisiones relacionadas con el territorio y el medio ambiente, Juan Pablo expresa que:

“Cornare es la autoridad ambiental en el país, pionera en generar espacios de comunicación con la comunidad a través de diferentes mecanismos, bien sea desde la planificación hasta la intervención cuando se ha realizado afectación a los recursos naturales sin las respectivas autorizaciones de ley, ejemplo audiencias públicas, visitas a los sitios antes de autorizar un aprovechamiento de los recursos y cuando se reporta una intervención no autorizada de los recursos naturales.”

Sin embargo, algunos proyectos han generado conflictos con las comunidades; ya que estos tienen como prioridad la rentabilidad, sin tomar en cuenta los estragos ambientales que puedan generar frente a los recursos, es por ello que Cornare realiza análisis rigurosos para evaluar estos impactos, y concluir si se aprueba o se niega solicitudes de índole Ambiental.

Por otra parte, los tipos de instrumentos de gestión territorial que se implementan para garantizar la sostenibilidad ambiental se cuenta con la generación de planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCAS), acuerdos con aplicación en los municipios de la corporación que reglamentan y regulan el aprovechamiento de los recursos, convenios que permitan disminuir el impacto a los recursos naturales y generar cultura ambiental, Planes de Ordenamiento Territorial (POT) por parte de las administraciones municipales, todo esto con el fin de conservar y proteger los recursos naturales a través de la innovación en los procesos y herramientas que permitan tener una concepción más exacta del territorio para la toma de decisiones.

En relación a las estrategias implementadas que tiene la corporación para garantizar y conservar el manejo sostenible de los recursos hídricos, el funcionario enumera algunas de estas; en primer lugar se tiene administrar de forma adecuada el uso del agua de las fuentes hídricas mediante la regulación por concesiones de agua superficial y con requerimiento de la implementación del Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua (PUEAA); en segundo lugar la restricción de ciertos tipos de intervención en las fuentes hídricas y estableciendo retiros mínimos de estas y en tercer lugar la realización de seguimiento y evaluación de la calidad de las aguas vertidas a los cuerpos de agua para que cumplan con unas condiciones mínimas de remoción de carga contaminante posterior al uso de estas; todos estos planes están regulados por la Resolución 1076 de 2015, Resolución 631 de 2019 y el Acuerdo 251 de 2011.

Con respecto a los desafíos que enfrenta el recurso hídrico en la región, precisamente en el Carmen de Viboral, se evidencia la elevada demanda de agua, por el crecimiento urbanístico, lo que conlleva a la expansión de los acueductos veredales ante el incremento de suscriptores, por ende les genera una necesidad de solicitar aumento de las concesiones de agua y/o buscar nuevas fuentes de captación, esto implica cambios en las condiciones hidrológicas de las cuencas por variación, debida a las acciones antrópicas lo que conlleva a una disminución de la calidad de los cuerpos de agua y una afectación al equilibrio hídrico de las fuentes. Desde CORNARE se realizan proyectos como el de Acueductos Veredales Sostenibles (AVES) para el fortalecimiento y acompañamiento de estos, sin embargo, también se llevan a cabo visitas de

inspección y verificación de campo, atención a denuncias realizadas por la comunidad, entre otras, todo esto con el fin de regular la informalidad del recurso hídrico.

Sector parcelador urbanístico

El día 11 de diciembre del año 2023 se realizó una entrevista al parcelador Fernando Ortega en la cual se abordaron algunos temas como la percepción que se tiene respecto a la planificación territorial, en cuanto las características que se tienen en cuenta al momento de parcelar, Fernando nos cuenta que deben ser terrenos firmes, no arcillosos, buenas vías de acceso y principalmente que tenga cobertura de servicios públicos. Por otro lado, también menciona que se debe realizar un estudio de suelos para cumplir con todos los requisitos exigidos por el PBOT, de igual manera con el Plan de Manejo Ambiental (PMA) vigilado por la autoridad Ambiental Cornare.

El parcelador hace claridad en cuanto a la prestación de los servicios públicos, si estos no son otorgados por el acueducto veredal, deben buscar una fuente alterna para posteriormente pedir un permiso de concesión ante la autoridad ambiental, lo que representa la construcción de una planta de tratamiento de agua potable y una de agua residuales o en su defecto la construcción de pozos sépticos en cada vivienda. Cabe resaltar que el mayor uso que se le da al recurso hídrico en las parcelaciones son los jardines y locales comerciales en caso de existir.

Secretaría de Planeación - El Carmen de Viboral

El día 15 de diciembre del año 2023 se obtuvo una entrevista con Lyda Marcela Soto Giraldo funcionaria de la secretaria de planeación de El Carmen de Viboral. En esta se realizaron preguntas para conocer cuál es el control que se le está dando al crecimiento urbanístico y a la alta demanda del recurso hídrico.

Una de las primeras preguntas realizadas fue referente a cuales eran los objetivos que tiene la planificación territorial, a lo que la funcionaria responde que estos se encuentra explícitos en el PBOT y procede a realizar la lectura: “Conservar y proteger los recursos naturales a partir de la estructura ecológica principal como son el soporte del desarrollo ambiental y económico”, “Garantizar la oferta de bienes y servicios ecosistémicos de acuerdo con las áreas existentes y potenciales” sin embargo, la funcionaria hace énfasis en que la secretaria de planeación aplica solo las normas que hayan al respecto de la parte ambiental, guiados por los acuerdos corporativos de la autoridad ambiental Cornare, que hablan de la protección de las reservas protectoras como las de los Cañones del Rio Santo Domingo y Melcocho, de igual manera los

DRMI de Cerros de San Nicolas, que entre estos se encuentra el nacimiento de la fuente abastecedora del Acueducto Sonadora Garzonas.

En cuanto, a la gestión del crecimiento rural y la expansión del territorio este se determina por el PBOT, Lyda nos explica que, en el caso de la vereda La Sonadora en la Parte Alta este se encuentra determinado como suelo de protección, en el corredor de servicios que son las viviendas que se encuentran a 300m alrededor de la vía El Canadá – El Carmen estas son suelos suburbanos y en la Parte Baja de la vereda La Sonadora este suelo corresponde a polígono de parcelación.

Referente al crecimiento urbanístico en la vereda se evidencia que hay un gran porcentaje de informalidad de viviendas, esto se debe en algunos casos a temas de herencia de los campesinos, sin embargo, también se evidencia un fenómeno de venta de proindiviso que en la mayoría de los casos los predios son comprados por personas foráneas de la vereda, ya que pueden acceder fácilmente por sus bajos precios al no tener escrituras.

“Todo esto sin duda representa un problema de salud pública y conflictos sociales, al no tener los espacios adecuados para construir sus pozos sépticos, al no respetar retiros de las fuentes hídricas, sin cumplir las normas, en pocas palabras construyen como les da la gana”

Afirma la funcionaria de la secretaria de Planeación Lyda Soto. Aunque la secretaria puede hacer suspensiones temporales de las obras, no está dentro de sus facultades demoler la vivienda o realizar sanciones, ya que esto le compete netamente a la inspección de policía. Respecto a la obtención de las licencias urbanísticas, la funcionaria nos explica que uno de los principales requisitos es tener disponibilidad de prestación de los servicios públicos por parte de la empresa prestadora o del acueducto veredal, en el caso de las parcelaciones de no tener viabilidad de servicios, estas deben tener una concesión de agua otorgada por la autoridad ambiental para posteriormente construir la planta de tratamiento.

En lo que se refiere a proyectos futuros que puedan afectar la disponibilidad del recurso hídrico, como grandes parcelaciones, centros comerciales, entre otros por el momento no hay licencias pendientes en la vereda para otorgar, sin embargo, cabe la posibilidad que en los próximos meses existan posibles solicitudes de viviendas campestres.

Sector Productivo

Se logró realizar una entrevista al señor Ferney Cardona floricultor de la vereda, quien lleva alrededor de 20 años asentado en el territorio y ha experimentado algunos cambios, como el crecimiento urbanístico en especial las fincas de recreo.

En cuanto a los requisitos que pide el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) para desempeñar esta actividad económica se encuentra los usos del suelo, a lo que Ferney nos expresa que este ha cambiado en los últimos años, pasando de ser agrícola a residencial, lo que representa una valorización exagerada en los predios, por ende, menores ganancias en el sector floricultor.

Con relación a los aspectos ambientales y de recurso hídrico, el entrevistado expresa que no hay suficiente agua para abastecer a la comunidad y se requiere de tanques de reserva para almacenar aguas lluvias en épocas de invierno. También menciona que el agua para su actividad económica proviene del acueducto, demandando en zona de riego alrededor de 8m³ al mes, sin embargo, resalta la reutilización del agua en otras áreas de trabajo como postcosecha y el aprovechamiento de aguas lluvias.

Respecto al servicio de agua brindado por parte de la asociación en épocas de sequía, se ve afectada su actividad económica debido a la escasez del recurso hídrico, por lo cual ha decidido optar por otra estrategia de captación como es el aprovechamiento de agua subterránea, para no depender del acueducto.

10.3 El acueducto de la vereda La Sonadora y la prestación del servicio

En el contexto de la prestación del servicio de acueducto, es esencial realizar un análisis detallado de los factores que inciden en el funcionamiento, la eficacia y la presión del recurso hídrico. Para ello, se organizó un grupo focal utilizando la matriz DOFA, con la participación de los miembros de la Junta Administrativa Local del acueducto Sonadora - Garzonas y representantes de la comunidad. A continuación, se exponen los resultados de la reunión. Sin embargo, para obtener más detalles sobre lo ocurrido, se puede consultar el Anexo 20. Acta de reunión con el acueducto comunitario.

Tabla 20

Matriz DOFA acueducto La Sonadora

Matriz DOFA	
<p style="text-align: center;">Debilidades</p> <ul style="list-style-type: none"> Desactualización normativa Falta de estratificación Estudio tarifario Jerarquía administrativa Escasez del recurso hídrico Recursos económicos limitados Infraestructura Crecimiento poblacional Falta de capacitación ambiental Sentido de pertenencia Poca Planificación y gestión Carencia de Personal capacitado Existencia de conexiones ilegales Deterioro de redes 	<p style="text-align: center;">Oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> Herramientas tecnológicas Apoyo gubernamental y privado Desarrollo urbanístico Importancia del agua (negocio) Fortalecimiento empresarial Alianzas estratégicas Capacitaciones Crecimiento de usuarios Adquisición de nuevos predios Mejoramiento en infraestructura Generación de empleo Certificación en ISO
<p style="text-align: center;">Fortalezas</p> <ul style="list-style-type: none"> Calidad del agua Buena atención al cliente Inversión en propiedades Infraestructura propia Capacidad operativa Predios propios Experiencia Adecuado manejo de recursos económicos 	<p style="text-align: center;">Amenazas</p> <ul style="list-style-type: none"> Normativa ilegal Sostenibilidad en el tiempo Cambios Climáticos Pérdida Biodiversidad Posible contaminación por Agroquímicos en la nueva fuente adquirida por el acueducto Posibles vertimientos Decisiones Gubernamentales Daños estructurales en la red Catástrofes Naturales

De acuerdo con estos aspectos identificados, es posible realizar el siguiente análisis:

Debilidades

El acueducto veredal enfrenta múltiples debilidades que impactan significativamente en la calidad y eficiencia de sus servicios, entre ellas encontramos: la desactualización normativa la cual dificulta su capacidad para adaptarse a los cambios regulatorios, el cumplimiento de la ley y la mejora continua, por otro lado la falta de estratificación y de un estudio tarifario contribuyen a la inequidad en la distribución de costos entre los usuarios, dando como resultado recursos económicos limitados que restringen inversiones, mantenimiento y contratación de personal capacitado. En cuanto a los roles administrativos también se evidencia la falta de perfiles profesionales, que permitan un mejor desempeño y planificación en la mejora continua del acueducto. Por otra parte, el desmesurado crecimiento poblacional, el poco sentido de pertenencia y la falta de capacitaciones educativas, sobre el uso responsable del agua, dificultan la conservación del entorno y contribuyen a la escasez del recurso hídrico que al mismo tiempo afecta la eficiencia operativa y el abastecimiento de la población. Además, la existencia de conexiones ilegales y el deterioro de las redes agravan aún más la situación, representando un desafío adicional para la gestión eficiente y equitativa del servicio de agua potable.

Oportunidades

Con el propósito de mejorar el buen servicio, el acueducto busca potenciar al máximo sus oportunidades, abriéndose camino con el valor del agua como negocio, se entiende que el agua es un bien vital para la satisfacción de necesidades, pero para poder ser apta para consumo humano requiere de un proceso de potabilización. El acueducto La Sonadora posee la PTAP, la cual cuenta con instalaciones adecuadas y personal idóneo en constante capacitación para el manejo del recurso hídrico, además es de vital importancia que se certifique como una empresa de calidad cuyo sello le da valor agregado a sus servicios y tranquilidad a sus usuarios.

Con el propósito de que la empresa crezca es necesario que aumente el desarrollo urbanístico y por ende la población, sin embargo este crecimiento debe ser controlado, de modo que exista una proporcionalidad con la oferta y la demanda requerida para abastecer la población, asimismo el crecimiento de la empresa genera empleo, ganancias y recursos que van a permitir el mejoramiento en las infraestructuras existentes y la adquisición de nuevas, además predios que garanticen un suministro seguro, también la implementación de herramientas tecnológicas modernas como un sistema electrónico cuyo fin es facilitar la toma de lecturas, la facturación, la optimización de los procesos, entre otras que contribuyan de manera significativa al

mejoramiento. Del mismo modo el fortalecimiento empresarial a través de alianzas estratégicas permite el crecimiento y mejora tanto de imagen como la prestación del servicio del acueducto.

Fortalezas

Entre las fortalezas en la prestación del servicio se encuentran varias, la principal es la calidad del agua que es suministrada, dado que el cumplimiento de sus parámetros fisicoquímicos y microbiológicos la hacen apta para consumo humano, garantizando a los usuarios un suministro confiable y seguro, asimismo, la experiencia adquirida a lo largo del tiempo evidencia la capacidad de mejora en el servicio prestado a la población. Por otra parte, el buen manejo de los recursos económicos permite al acueducto invertir en nuevos proyectos entre ellos la adquisición de predios estratégicos que permitan aumentar la oferta del recurso para lograr una mayor cobertura, así como la preservación de la fuente actual, y también el fortalecimiento de infraestructuras existentes como la planta de tratamiento de agua potable (PTAP). Finalmente, su enfoque en la atención al cliente se distingue por su diligencia y orientación al usuario, cultivando relaciones sólidas y de confianza entre ambas partes.

Amenazas

En el análisis sobre el funcionamiento del acueducto se evidenciaron amenazas que pueden afectar o representar riesgo en la respectiva prestación del servicio, una de las más preocupantes es la sostenibilidad en el tiempo debido a algunas falencias encontradas en la planificación y operación que de no ser intervenidas pueden propiciar a la desaparición del acueducto veredal o que este sea manejado por otra compañía perdiendo su naturaleza como acueducto comunitario. Por otra parte, las decisiones del gobierno afectan de manera significativa dado que sus regulaciones en la planificación urbana, en la protección del medio ambiente y en temas de financiamiento influyen drásticamente en el manejo y operación del acueducto. En cuanto a la disponibilidad se ve afectada por los impactos negativos del cambio climático, entre ellos encontramos alteraciones en el ciclo del agua, sequías, escurrimiento del fuentes subterráneas y superficiales, además de la pérdida de ecosistemas acuáticos que también son indicadores de la calidad del agua, de la misma manera la contaminación por agroquímicos de los cultivos situados a los costados de la fuente y los vertimientos domésticos de las viviendas cercanas generan contaminantes al recurso hídrico y pérdidas en la biodiversidad aledaña a la actual y a la fuente que está por adquirirse. Por último, son las catástrofes naturales como inundaciones, terremotos, avenidas torrenciales, deslizamientos representan un riesgo constante para la capacidad de suministro, la infraestructura de la planta y sus redes de distribución.

Tras un minucioso análisis de la información recopilada, se ha evidenciado una estrecha correlación entre los datos revelados por la matriz DOFA y las presiones que enfrenta el recurso hídrico en la vereda. Entre las presiones identificadas se destacan las conexiones ilegales y el contrabando, así como el rápido crecimiento urbanístico. Estos factores ejercen una influencia significativa sobre la oferta de agua, lo que a su vez repercute en la prestación adecuada del servicio, representando una amenaza considerable para la disponibilidad de agua, ya que el consumo ineficiente y no regulado contribuye al aumento de la presión sobre la fuente.

Por otro lado, la expansión de los cultivos agrícolas y floricultores en la zona agrava aún más la situación. La demanda adicional de agua para estas actividades, sumada al riesgo potencial de contaminación por agroquímicos, plantea serias preocupaciones sobre la calidad y cantidad del recurso. La combinación de estos factores agrava el desafío de garantizar un suministro hídrico adecuado y sostenible para la comunidad.

En relación con la matriz DOFA, se han identificado aspectos cruciales que deben abordarse como la carencia de un estudio tarifario, falta de actualización normativa, los efectos del cambio climático, los daños en las infraestructuras y la baja capacitación ambiental se encuentran como amenazas y debilidades que afectan la prestación del servicio. Sin embargo, también se han identificado fortalezas y oportunidades que podrían mejorar la gestión del recurso, mitigar las deficiencias y garantizar un suministro seguro y confiable para los habitantes locales. Estas oportunidades permiten una planificación más eficiente, fomentan la sostenibilidad y contribuyen a un equilibrio en el suministro de agua potable.

En resumen, el análisis de la matriz DOFA y la evaluación de las presiones que impactan en el recurso hídrico de la vereda la Sonadora destacan la urgente necesidad de abordar diversos desafíos para garantizar un suministro de agua potable seguro y sostenible.

Registro fotográfico encuentro grupo focal con mesa directiva del acueducto Sonadora -
Garzonas

Figura 58

Realización de la matriz DOFA



Figura 59

Realización de la matriz DOFA



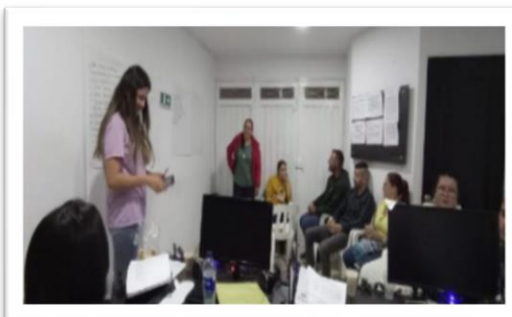
Figura 60

*Realización de la matriz DOFA con la junta
directiva del acueducto*



Figura 61

*Realización de la matriz DOFA con la junta
directiva del acueducto*



10.4 Análisis de la incidencia del PBOT en la oferta, demanda y prestación de servicios del recurso hídrico en la vereda la sonadora.

De acuerdo con los resultados que se evidenciaron en los capítulos anteriores se puede llegar al siguiente análisis, respecto a la oferta, demanda y prestación del servicio:

10.4.1 Incidencia del PBOT en la oferta hídrica

De acuerdo con la Ley 388 es responsabilidad de los municipios impulsar los usos del suelo de cada territorio, los cuales se clasifican en: suelos urbanos, suburbanos, rurales, zonas de expansión y conservación. En el caso de El Carmen de Viboral se pudo evidenciar distintos usos del suelo, para la vereda La Sonadora específicamente, se evidencian además de suelos de producción, algunas restricciones en los suelos de protección que se delimitaron gracias a la presencia del DRMI. Zonas que actualmente están siendo amenazadas por la construcción de parcelaciones, expansión de cultivos floricultores y agrícolas, que disminuyen las zonas protegidas establecidas por el PBOT afectando significativamente la oferta hídrica.

En el PBOT se establecen medidas para proteger las cuencas hidrográficas y las áreas de recarga, pero al presentarse la expansión de suelos hacia las zonas de protección aumenta el riesgo de disminución de la oferta hídrica, dado los cambios que se generan en dichos suelos como pérdida de ecosistemas y tala de árboles que a su vez disminuyen la capacidad de carga. Por ejemplo, cerca del nacimiento de la fuente abastecedora del acueducto, se evidencia asentamiento de la parcelación “Mirador de San Nicolás” la cual se encuentra en límites con las zonas de protección y conservación establecidas en el DRMI, esto demuestra que no hay suficiente control por parte de las autoridades municipales que regule lo establecido por el PBOT, dando cuenta de una situación que no solo se presenta en este sector, sino en varios de la vereda, incluso del municipio.

Esta situación confirma que los usos del suelo promovidos por el PBOT están afectando la oferta hídrica, puesto que este tipo de incumplimientos y violaciones a los usos del suelo determinados en el instrumento, pueden generar a largo plazo como el desabastecimiento de la fuente. Lo que se puede deducir de este caso es que, si ahora hay asentamientos humanos en zonas no permitidas, es posible que nuevas parcelaciones u otras actividades se instalen allí afectando de manera significativa la fuente hídrica o incluso podrían desaparecer, generando un problema mayor en el cual se tendría que optar por traer el recurso hídrico de otros lugares para así suplir la demanda requerida y evitar el desabastecimiento de la población.

10.4.2 Incidencia del PBOT en la demanda hídrica

El Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) tiene una incidencia significativa en la demanda del recurso hídrico en la vereda La Sonadora del municipio de El Carmen de Viboral; ya que se establecen políticas, estrategias y acciones relacionadas con la planificación del

territorio, incluyendo aspectos como el suministro y conservación del agua. Esto se refleja, por ejemplo, en el aumento de licencias de parcelaciones, viviendas campestres, así mismo como estaciones de servicios de gasolina. Los cuales son impulsados debido a las categorías del suelo promovidos por este instrumento.

Al realizar un análisis de las categorías del suelo rural en la vereda La Sonadora, específicamente en la Parte Alta los cuales son Estructura Ecológica Principal – EEP, áreas para la producción agropecuaria sostenible, bocatomas, ecosistemas estratégicos y corredor suburbano. Este último ha promovido una urbanización en la vereda y también ha permitido que se extienda a otras zonas con diferentes usos como lo son de protección y de producción agropecuario, como es el caso de la parcelación Mirador de San Nicolás, además, viviendas campestres, construcciones informales; lo que ha afectado la demanda de agua y la capacidad de los sistemas de abastecimiento para satisfacerla de manera sostenible.

De acuerdo a la información suministrada por la autoridad ambiental Cornare, se puede analizar que después de aprobado el PBOT 2017, se refleja un aumento de las concesiones y RURH solicitadas, esto debido al incremento de los diferentes usos que se están llevando a cabo en el territorio, como lo son: parcelaciones, cultivos de hortensias, entre otros. El acueducto La Sonadora para el año 2017 contaba con 630 socios, en la actualidad se tiene 830 socios legales, sin embargo, existen alrededor de 150 viviendas con conexiones irregulares, esto significa que se ha tenido un incremento del 36% en la demanda del recurso hídrico. Por otra parte, se encuentra establecido en los estatutos de la asociación que un consumo mensual de 29 metros cúbicos por suscriptor, con una dotación neta de 242 L/hab/día. Sin embargo, según la resolución RE-03991-2023, que actualiza los módulos de consumo de agua y los lineamientos para sistemas de medición implementados en la jurisdicción Cornare, para los usuarios del recurso hídrico, se establece un módulo de consumo de 112. L/hab/día basado en la altura promedio sobre el nivel del mar. Esto indica que el consumo actual excede un 53% aproximadamente de las directrices establecidas para el uso eficiente y ahorro del agua.

Los usos del suelo se definen según la capacidad de un lugar en específico para desarrollarse, se busca que haya un equilibrio entre la disponibilidad de recursos naturales y las actividades a llevar a cabo en el territorio, es por ello que, el municipio como ente encargado realiza estudios para definir dichas capacidades, prevenir problemáticas a futuro y dar paso a una convivencia armoniosa entre el hombre y la naturaleza, sin embargo en La vereda La Sonadora se está generando usos diferentes a los establecidos en el PBOT propiciando presiones que

rompen el equilibrio al aumentar los consumos de los recursos naturales como es el caso del recurso hídrico, un elemento vital que al existir tantas actividades que hacen uso de él, le ocasionan su disminución y ponen en riesgo la disponibilidad del mismo.

Otro factor por considerar es el aumento de la población y la migración hacia áreas suburbanas, junto con un desarrollo urbanístico desordenado, ha incrementado la demanda de agua potable y servicios básicos de saneamiento. Esto hace que una gran parte de la población no tenga acceso a estos servicios fundamentales, lo que afecta negativamente su calidad de vida. La distribución desigual de estos servicios muestra que la población rural es más vulnerable, mientras que en las áreas urbanas suelen tener un acceso garantizado.

10.4.3 Incidencia del PBOT en la prestación del servicio de acueducto

Los cambios en los usos del suelo afectan significativamente la prestación del servicio, un claro ejemplo, es que la vereda La Sonadora antes del 2017 era suelo rural, ahora con el PBOT actual se declaró el corredor de servicios alrededor de la vía que conecta el Canadá con el área urbana de El Carmen de Viboral, convirtiendo dicha zona en suelo suburbano lo cual hace que el acueducto se vea más cargado por el crecimiento poblacional, la fluctuación de personas que visitan la vereda, los diferentes usos del agua. Lo anterior aumenta los consumos de agua y colmatan la capacidad del acueducto haciendo que sus niveles disminuyan en menor tiempo y el acueducto no pueda abastecer a toda la población. Adicionalmente, en las zonas de protección que recargan la fuente hídrica se están evidenciando tala de árboles, construcciones urbanísticas, el aumento de cultivos que afectan significativamente el caudal, además, las plantaciones de árboles existentes como pino ciprés y pino patula ubicada en el nacimiento de la fuente hídrica puede ser también una de las causantes de esta disminución del caudal.

Por otra parte, en el PBOT se establecen políticas para el cuidado del agua y asignación de recursos, que permiten el sostenimiento de los acueductos tanto veredales como urbanos, sin embargo, se invierte más presupuesto en la zona urbana que en la rural, esto puede estar relacionado a la falta de organización de los acueductos veredales en sus procesos legales, administrativos, financieros, técnicos y operativos, teniendo así más dificultades para acceder a estos recursos económicos, es por ello, que la prestación del servicio se está viendo afectada y con falencias.

Es importante la asignación de recursos debido a que con estos se puede mejorar la infraestructura del acueducto, la compra de nuevos predios, brindar capacitaciones ambientales

de uso eficiente y ahorro del agua, realizar reforestación en la cuenca, entre otros factores que mejoran la calidad del servicio. Cabe resaltar que una competencia del municipio es ser garante y gestor en la adecuada prestación de los servicios públicos domiciliarios según lo dice la ley 142 de 1994 en su artículo 5, lo cual parece no estar contemplándose en el PBOT debido a que con la delimitación de los usos del suelo impulsan la urbanización en la vereda, pero ofreciendo pocas soluciones para abastecer el recurso hídrico. Estas falencias están enmarcadas en la matriz DOFA realizada a la asociación donde se evidencia en sus amenazas las decisiones gubernamentales que ponen en peligro la sostenibilidad en el tiempo de la organización.

11. Discusión

Con el fin de analizar los resultados de la investigación en comparación con resultados obtenidos en otros estudios e investigaciones, se realizó una búsqueda académica de los trabajos investigativos más sobresalientes tanto a nivel local como internacional en relación con las presiones que tiene la oferta, demanda y prestación del servicio de agua a partir de los cambios del uso de uso del suelo. Para ello, se utilizaron buscadores que se encuentran en los recursos de información (bases de datos) de la Universidad de Antioquia tales como: Scielo y Dialnet, el Catálogo Público de Acceso en Línea OPAC de la Universidad de Antioquia y el catálogo digital de la Universidad Nacional de Colombia. Las categorías de búsqueda utilizadas fueron: Usos del suelo, Oferta y demanda del recurso hídrico, Carmen de Viboral.

Esta búsqueda bajo estas categorías generó múltiples resultados de acuerdo a la base de datos consultadas, obteniendo un resultado general de la siguiente forma:

Tabla 21

Categorías de búsqueda de información en bases de datos bibliográficas

Categoría	Dialnet	Scielo	OPAC
Usos del suelo	3667 archivos	2 archivos	25 archivos
Oferta del recurso hídrico	220 archivos	21 archivos	9 archivos
Demanda del recurso hídrico	810 archivos	39 archivos	2 archivos

Posteriormente, se realizó una búsqueda mezclando las categorías, por ejemplo: *Usos del suelo AND Oferta del recurso hídrico*, dando los siguientes resultados:

Tabla 22

Categorías mezcladas de búsqueda de información en bases bibliográficas

Categorías mezcladas	Dialnet	Scielo	OPAC
Usos del suelo AND oferta del recurso hídrico	12 archivos	1 archivos	0 archivos
Usos del suelo AND demanda hídrica	45 archivos	1 archivos	0 archivos

Una vez se filtró la información de acuerdo con las necesidades específicas en relación con el tema del trabajo que se está abordando, se realizó un último filtro en la búsqueda asociado a la categoría: El Carmen de Viboral, cuya información en los buscadores Dialnet y Scielo se redujeron a cero, sin embargo, en el repositorio OPAC, se hallaron dos trabajos específicos asociados al tema en el territorio de la investigación. De esta manera, considerando las categorías mezcladas, se consideró como parte de la lectura para esta discusión, un total de veinte documentos que considerando los títulos y resúmenes presentados previamente en las plataformas se ajustan al tema específico de este trabajo. Finalmente, de estos veinte documentos, se seleccionaron seis, los cuales de manera directa tienen que ver los resultados del presente trabajo. A continuación, se realiza la discusión con los resultados considerando estos seis documentos.

El primer documento que se abordó responde a una investigación de maestría en ciencias políticas de la Universidad de Antioquia, denominado “dinámicas de urbanización en El Carmen de Viboral, una lectura de cambios en el territorio entre los años 2001-2020” el autor es Juan Camilo Morales, quien realiza una investigación que tiene por objetivo conocer entre los años 2001-2020 los cambios que ha experimentado el espacio urbano y rural en el Carmen de Viboral, explorando los factores que incidieron en las mutaciones urbanísticas con licencias legales y el surgimiento de fenómenos territoriales y sus impactos en el territorio.

Esta tesis de grado nos permite observar las transformaciones del territorio que han surgido en el municipio del Carmen de Viboral, a través de los PBOT de los años 2001 al 2020. Para ello, se estructura el estudio en cuatro periodos, del cual nos interesa el cuarto, correspondiente a los años 2016-2020 en donde manifiesta que la formulación del PBOT es un

reto, puesto que el municipio presenta presiones urbanísticas significativas, con respecto a los servicios públicos especialmente de acueducto y alcantarillado, se evidencia que el municipio presenta problemas en la zona norte, en donde es claro que se alerta sobre la necesidad de no autorizar más construcciones de vivienda hasta que no se resuelva y garantice la eficiente prestación del servicio público del agua. De hecho, el autor, menciona que es preciso que para este periodo se requiere formular un Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado (PMAA) que le permita a el municipio de El Carmen de Viboral sanear las dificultades en esta materia en el corto plazo y mediano plazo.

La relación entre el abordaje del autor y las problemáticas del contexto asociadas a las presiones urbanas a lo largo del tiempo, sobre el recurso hídrico del acueducto de la vereda La Sonadora se revela como un elemento crucial para comprender y resolver los desafíos presentes en la prestación del servicio de acueducto. A lo largo de los años, ha sido evidente el impacto de las presiones urbanísticas, especialmente en la alta demanda de viviendas destinadas a veraneantes, lo que ha generado un conflicto notorio en el suministro de agua, en nuestro trabajo, hemos confirmado esta problemática que ejerce una dificultad significativa en cuanto al recurso hídrico, especialmente durante fenómenos naturales como el del Niño.

Finalmente, al hacer un comparativo entre ambas investigaciones es visible que este enriquece nuestro trabajo y permite generar conclusiones más acopladas a la realidad e importantes para la toma de decisiones, puesto contextualiza mejor nuestro estudio y permite entender las dinámicas de cambio que han ocurrido en la región, específicamente en El Carmen de Viboral en la Vereda La Sonadora. Además, el hecho de que se muestren las prioridades y planes a futuro en cada periodo nos ofrece una visión clara de las políticas y acciones que se han llevado a cabo y representa un reto frente a las necesidades del crecimiento acelerado al que se está enfrentando el municipio, como es el caso de la garantía al acceso de los servicios públicos. Al relacionar estos datos con la evolución del uso del agua y las presiones urbanas identificadas por el autor, podemos obtener una visión más completa y precisa de la situación actual del territorio. Proporciona un marco sólido para entender las dinámicas territoriales y cómo han influido en el recurso hídrico.

El segundo texto analizado corresponde a una tesis de maestría en procesos urbanos y ambientales de la Universidad EAFIT, cuyo nombre es: “Amenazas de los bosques en el corregimiento de Aguas Claras, municipio de El Carmen de Viboral, Antioquia: transformaciones del suelo mediante un análisis multitemporal”, los autores Gustavo Alonso Valencia y Héctor

Fabian Fonseca nos permite examinar los cambios en los usos del suelo que se presentaron en el corregimiento de Aguas Claras en el municipio de El Carmen de Viboral entre la década del 2007 al 2017, estos manifiestan transformaciones notables, como la creación de diecinueve urbanizaciones, la construcción de 5.123 viviendas en zonas rurales, la obtención de catorce permisos mineros, la expansión de cultivos para la producción de flores de exportación, ganadería y actividades agrícolas, entre otros cambios significativos. Además, mencionan que este crecimiento se debe en parte a la pavimentación de la vía terciaria que comunica el corregimiento con la zona urbana de El Carmen, la cual facilitó la movilización tanto de nativos como forasteros que vieron la oportunidad de asentarse allí, tanto así que para el año 2009 la expedición de licencias de construcción de viviendas campestres aumentó el 4,9% respecto al año anterior. También en los costados de la vía fueron construidos algunos centros de servicios como hoteles, mini malls, las estaciones de servicios y la ampliación de la Universidad de Antioquia Seccional Oriente convirtiéndose en atractivos turísticos de la zona.

Por otra parte, la deforestación de los bosques en el corregimiento Aguas Claras comenzó a notarse hace aproximadamente tres o cuatro décadas atrás cuando la población inició con la expansión de la frontera agrícola con la agricultura como actividad económica, pero dicha actividad no dio muchos frutos debido a los altos costos de producción y baja rentabilidad para el campesinado, dando paso a la ganadería como nueva actividad económica siendo esta más severa con el deterioro del suelo y de los bosques, en especial para el servicio de provisión de agua que ofrecen para el corregimiento. Mientras tanto las floristerías llegaron al corregimiento y nuevamente el uso del suelo tuvo un cambio abrupto, las extensiones de los cultivos variaba según su tamaño para un cultivo pequeño se utilizan aproximadamente de 10 a 15 hectáreas, mediano entre 25 a 50 ha y grande más de 50 ha, dichos cultivos no solo afectan las grandes cantidades de tierra que son utilizadas, sino que también disminuyen la oferta hídrica. Al mismo tiempo, la rururbanización acelerada ejerce presión sobre los usos del suelo y el recurso hídrico.

Los autores señalan que el corregimiento de Aguas Claras cuenta con tres acueductos que abastecen la población: Acueducto Cerro Samaria, Acueducto Aguas Claras y Acueducto Sonadora-Garzonas, este último tiene su nacimiento en la parte alta de la montaña en una zona de protección y la fuente abastecedora es denominada como quebrada La Sonadora.

Por otro lado, El Carmen de Viboral cuenta con su último Plan Básico de Ordenamiento Territorial creado en el año 2017. Este instrumento confirma que más del 70% del municipio se encuentra en áreas de protección y conservación ambiental destinadas a la ruralidad y la

agricultura, pero sin embargo la creciente presión inmobiliaria hace que estos cada vez se vean más desplazados y se pierda la vocación de los suelos.

Por su parte los escritores encontraron en el análisis multitemporal 2007-2017, que en el año 2007 se obtuvo un total de 937 unidades y 22,12 ha construidas para las ocho veredas analizadas. Una de las veredas con mayor porcentaje de unidades construidas fue La Sonadora. Sin embargo, con el paso de los años estas cifras aumentaron desmedidamente hasta el punto de llegar a triplicarse las unidades de vivienda. Las parcelaciones pasaron de tener 48 unidades en el año 2007, a 755 en el año 2017, creciendo en promedio 71 unidades por año. Otro tema, de influencia fue el porcentaje de licencias de construcción expedidas para la construcción de vivienda campestre unifamiliar y bifamiliar, a partir del año 2014 incrementó significativamente pasando de 3,9% a un 11,8% promedio anual.

En comparación, esta investigación y la nuestra se asemeja en el mapa de actores como instrumento de recolección, algunos de estos son: CER La Sonadora, Santa María, Parcelaciones, Parroquias del corregimiento de Aguas Claras, Junta Administradora Local, Juntas de Acción Comunal, Comunidad, secretaria de Planeación Municipal, Secretaría de Agricultura y Medio Ambiente, Acueducto veredal Sonadora-Garzonas, Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare "Cornare". Además, de proponer un análisis enfocado hacia los elementos que permiten la transformación del suelo rural al suelo urbano que es lo que está pasando en el corregimiento de Aguas Claras en el cual la vereda la Sonadora está dentro de este, y de acuerdo a los resultados de nuestro trabajo se evidencia dichas transformaciones.

La tercera lectura analizada corresponde a un trabajo de grado de la facultad de ciencias sociales y humanas de la Universidad de Antioquia, titulado "Gentrificación en El Carmen de Viboral" por el autor Juan Camilo Fernández Huertas señala que El Carmen ha tenido una mejora significativa en infraestructura y comunicaciones, lo que ha facilitado la llegada de habitantes provenientes de Medellín y otras partes del país, donde se establecen permanentemente en viviendas adquiridas o fincas de recreo.

Por su parte, el autor permite contemplar los múltiples procesos de urbanización que consolidan las fincas de recreo, partiendo de la inserción del capitalismo en el territorio, revela una serie de dinámicas complejas que influyen en la transformación del paisaje y las estructuras sociales en El Carmen de Viboral, un primer aspecto que resulta útil es el Potencial de

urbanización, como lo son las veredas, La Chapa, Betania, Aguas Claras, Quirama, La Sonadora, La Milagrosa y Campo Alegre, junto con datos sobre densidad demográfica obtenidos del plan de ordenamiento territorial, ofrece una base sólida para entender el crecimiento poblacional y las oportunidades de desarrollo urbano en áreas específicas. Un segundo aspecto relevante, es la reflexión sobre cómo la transformación de estas veredas afectará tanto el paisaje como las relaciones sociales siendo crucial para comprender las implicaciones más amplias del desarrollo urbano. Un tercer aspecto son los Problemas relacionados con la distribución del recurso hídrico como el monopolio del agua desde una perspectiva local. Para finalizar el cuarto aspecto es el impacto en la comunidad local frente a la llegada de habitantes provenientes de la ciudad como es la pérdida de identidad y los cambios en el estilo de vida, proporciona una visión completa de los efectos sociales y culturales del desarrollo urbano en El Carmen de Viboral. Estos argumentos ofrecen una comprensión integral de los aspectos sociales, económicos y ambientales relacionados con el desarrollo urbano en El Carmen de Viboral, lo que puede ser útil para informar estrategias de planificación y gestión urbana en la zona.

Ambos trabajos se enfocan y se relacionan; ya que el autor examina de manera integral las temáticas claves de esta investigación, centrándose en problemas relacionados con el recurso hídrico, el potencial urbanístico, el impacto social y paisajístico en conexión con el cambio del uso del suelo. El actual trabajo se ha podido corroborar; ya que el recurso hídrico y el uso del suelo presentan una fuerte presión en el territorio.

Para finalizar, este autor, aporta directamente a los resultados y conclusiones de nuestro trabajo; ya que confirma que efectivamente las presiones del recurso hídrico tienen que ver con los modelos de desarrollo capitalista y la privatización que se han ido insertando tal como lo afirma la tesis.

El Cuarto documento estudiado corresponde a una tesis de maestría de planeación para el desarrollo de la Universidad Santo Tomás, cuyo nombre es la Rururbanización, uso hídrico y dinámicas socio territoriales en Guasca Cundinamarca 2010 – 2019 por el autor Lorenzo Millán Cortés, este menciona las transformaciones a las que se ha enfrentado El municipio de Guasca (Cundinamarca) en los últimos 10 años, los cuales se ha sentido la presión inmobiliaria en su costado suroccidental limítrofe con La Calera, municipio perteneciente a la llamada Ciudad Región, donde el proceso de ocupación urbano de espacios rurales se ha generado en mayor tiempo y latencia; esta cercanía a municipios como La Calera y los modelos de ocupación que allí se dan, son síntoma del cambio que genera una ciudad expulsora como Bogotá sobre

municipios históricamente basados en la producción agrícola, situación que amplía una serie de conflictos enmarcados dentro de la planeación territorial y la autonomía sobre los recursos naturales de habitantes de la Sábana norte y Guavio.

Por su parte el autor describe que, lo rururbano se entiende como las áreas de construcción y expansión de lo urbano que se apropia de áreas rurales que poseen componentes paisajísticos, de comodidad y flexibilidad normativa para la construcción de viviendas campestres, se puede afirmar que muchos de los aspectos que definen y modelan las dinámicas territoriales en áreas rururbanas en la actualidad, pueden ser comprendidos desde la perspectiva de la gentrificación rururbana. Así, a través de proyectos inmobiliarios, nuevos habitantes de clases altas o de otras ciudades, pasan a ocupar sectores de estas áreas llevando a una transformación de espacios que históricamente poseían dinámicas de producción agrícola o ganadera.

En este sentido, la relación entre consumo hídrico y la rururbanización tiene cabida, ya que se identifica una sobre demanda del recurso hídrico, que actualmente resulta preocupante, ya que intensifica las condiciones de sequía y condiciona el acceso a este mismo, generando de esta manera fuertes conflictos sociales y ambientales.

Aunque la investigación del autor fue realizada en Cundinamarca, esta se relaciona directamente con nuestro trabajo de grado; ya que menciona la escasez del recurso hídrico por el crecimiento urbanístico del asentamiento de poblaciones de las grandes ciudades que llegan a municipios cercanos y a su vez se asientan en las diferentes veredas, generando así una fuerte presión en los acueductos veredales, que deben garantizar continuidad, calidad, cobertura y aseguramiento.

Además, el crecimiento urbanístico puede llevar a la contaminación del agua y la degradación de los ecosistemas acuáticos locales, lo que agrava aún más la situación de escasez. Del mismo modo, las construcciones no planificadas pueden generar desechos, vertimientos de aguas residuales y otros contaminantes que pueden afectar la calidad del agua disponible para consumo humano.

Este trabajo aporta específicamente a los conflictos sociales que se derivan por la escasez del recurso hídrico en las diferentes comunidades, como por ejemplo la falta de continuidad del servicio, la calidad del agua, presión entre otras, todas estas problemáticas recaen directamente sobre los acueductos veredales que cada día sienten más la presión por lograr prestar un buen servicio sin tener una fuente con el caudal requerido para el abastecimiento de la comunidad, lo

cual en la mayoría de los casos es complejo por ser entidades abandonadas por los diferentes entes como la administración municipal, aunque la ley 142/1994 expone que los municipios son quienes deben garantizar el acceso a los servicios públicos, sin embargo estos desconocen la necesidad de fortalecer a los acueductos veredales para la prestación de un mejor servicio.

Para finalizar el quinto y último documento que se discutió, responde a una monografía para optar al título de especialista en manejo y gestión del agua, de la Universidad de Antioquia, denominado: el proceso de gentrificación rururbana: implicaciones en el ordenamiento ambiental del territorio caso de estudio vereda La Ilusión del Corregimiento San Cristóbal municipio de Medellín realizado por la autora María Camila Álvarez Vahos, la cual analiza el fenómeno de gentrificación rururbana en la vereda La Ilusión del Corregimiento San Cristóbal en Medellín, enfocándose en su impacto en el ordenamiento ambiental del territorio. Además, se destaca la importancia de este fenómeno para la planificación municipal, especialmente debido a los cambios observados en el uso del suelo, que tradicionalmente ha estado destinado a actividades agrícolas y pecuarias, siendo estas actividades vitales para el corregimiento. Asimismo, analiza las consecuencias ambientales, sociales y económicas de la gentrificación a lo largo de los años 2001 hasta 2022, mediante un enfoque multitemporal que permite comprender la evolución del fenómeno y sus implicaciones a largo plazo.

Por otro lado, en esta monografía se analizan las implicaciones ambientales específicas de la gentrificación rururbana, centrándose en la verificación de áreas protegidas y retiros a fuentes hídricas. Este contexto específico presenta características que incentivan la migración desde el área metropolitana del Valle de Aburrá hacia las periferias, donde se están desarrollando nuevas actividades, además, la población de altos ingresos o clase media está optando por vivir en áreas de bajas densidades. Este fenómeno está contribuyendo al incremento gradual de la urbanización en la vereda, a pesar de los intentos de controlar el crecimiento urbano con los instrumentos de planeación.

Asimismo, realiza un énfasis en la falta de control y aplicación de la normatividad ambiental y urbanística por parte de los entes de control, lo cual ha incentivado el fenómeno de la gentrificación rururbana. Lo anterior es relevante para comprender cómo las deficiencias en la aplicación de regulaciones pueden contribuir al uso indebido de zonas protegidas y al desarrollo no planificado en áreas rurales. Además, se destaca la importancia de mejorar las condiciones de calidad de vida en el área rural, evitar la ocupación de áreas no aptas para la urbanización y promover una gestión adecuada de las áreas protegidas.

El presente estudio se relaciona con el nuestro, ya que, la autora investiga y analiza los cambios en el uso del suelo y los impactos ambientales, sociales y económicos asociados con la gentrificación y el crecimiento urbano en las áreas rurales, también reconocen la importancia de las áreas protegidas y los recursos hídricos en el contexto de la planificación territorial y el manejo ambiental, en donde se destaca la necesidad de comprender y gestionar adecuadamente estos recursos naturales. Adicionalmente, el estudio hace recomendaciones para mejorar la gestión ambiental y territorial, incluyendo la necesidad de fortalecer la aplicación de normativas, mejorar la calidad de vida en áreas rurales, y promover la conservación de áreas protegidas y los recursos hídricos.

Finalmente, este texto aporta directamente a los resultados, análisis de la información y conclusiones de nuestro trabajo; ya que corroboran como el impacto a la oferta hídrica por medio de las medidas de ordenamiento territorial, así como la protección de fuentes de agua y la regulación del uso del suelo han afectado la disponibilidad del recurso hídrico en la vereda La Sonadora. Además, el crecimiento poblacional, la urbanización y otros factores relacionados con el desarrollo territorial han influido en la demanda hídrica en la vereda La Sonadora.

La investigación realizada, que analiza las presiones sobre la oferta, demanda y prestación del servicio de agua en relación con los cambios en el uso del suelo en el municipio de El Carmen de Viboral, ha sido enriquecida significativamente mediante un exhaustivo análisis comparativo con diversos estudios académicos. Estos, provenientes de diferentes instituciones y abordando diversas perspectivas, han proporcionado una visión amplia y detallada de las dinámicas territoriales, los cambios en los usos del suelo y los impactos en el recurso hídrico.

Por medio, de la revisión de estos documentos, se ha evidenciado de manera clara la complejidad de las interrelaciones entre el crecimiento urbano, la transformación del paisaje rural, dinámicas sociales, los efectos en la disponibilidad y calidad del agua.

Para concluir, se ha destacado la importancia de considerar medidas de planificación y gestión adecuadas para abordar los desafíos actuales y futuros relacionados con el uso del suelo y el recurso hídrico. La necesidad de fortalecer la aplicación de normativas ambientales y urbanísticas, promover la conservación de áreas protegidas y recursos hídricos, así como mejorar la calidad de vida en áreas rurales, son aspectos fundamentales que han surgido de este análisis comparativo.

12. Conclusiones

Este trabajo muestra la incidencia del PBOT de El Carmen de Viboral sobre la oferta, demanda hídrica y prestación de servicio del acueducto rural en la vereda La Sonadora entre los años 2017– 2023, reflejando los usos del suelo existentes y evidenciando la afectación de forma directa y significativa del recurso hídrico.

A través de este estudio se pudo concluir que el PBOT sí tiene incidencia en el acueducto, por el poco control del uso del suelo de parte del Municipio, el cual ha permitido o tolerado tales situaciones; también por la falta de control de la autoridad ambiental, a tal punto que se ha construido una parcelación muy cerca al DRMI San Nicolás. Esta falta de control ha incidido especialmente en el incremento desordenado de población y consecuentemente, el incremento de la demanda del servicio de acueducto.

La situación desmejora por el hecho de que no se tiene conocimiento de la limitación en la oferta hídrica, además, no se tienen estudios de hidrología que permitan conocer el Q95 de la fuente referenciada de acuerdo con el Decreto 0330, art. 49, o lo que es lo mismo, el caudal mínimo con un período de retorno de 20 años.

Respecto a los aforos, estos revelaron que la fuente hídrica no tiene suficiente capacidad para atender la demanda; ya que en el período de finales del 2023 y principios de 2024 La Asociación presentó un racionamiento prolongado, debido al fenómeno del niño.

Si se compara la oferta hídrica 1.94 L/s el cual corresponde al valor más crítico en época de sequía y se relaciona con el Caudal Máximo Diario (QMD) a 25 años, es de 3.07 L/s se puede determinar que solo se puede garantizar agua hasta el año 2025. Es de resaltar que no se ha tenido en cuenta población flotante y conexiones irregulares. Es decir que, existe una sobredemanda en la oferta hídrica.

Con respecto al estimativo de la demanda de agua se consideran 830 socios es decir 3.320 habitantes y se consideró la dotación neta autorizada por la autoridad ambiental, adicionalmente se estimó una tasa de crecimiento del 2% anual, y un porcentaje de pérdidas del 25% (valor máximo permitido por el RAS) Art 44 Resolución 330. Si el porcentaje de crecimiento poblacional aumenta que es lo más probable por el alto crecimiento urbanístico del Oriente

Antioqueño, La Asociación no tendría manera de abastecer a esta nueva población. Por lo cual es importante una visión a largo plazo para garantizar el servicio.

Por otra parte, mediante este trabajo, se pudo identificar en la vereda La Sonadora un incumplimiento en las respectivas unidades de vivienda por hectárea establecidas de acuerdo con los usos del suelo del PBOT. Los cultivos también están extendiéndose hacia las franjas hídricas, más allá de los límites recomendados, contribuyendo a la pérdida del ecosistema acuático. En conjunto, estas infracciones revelan un incumplimiento generalizado de los lineamientos del acuerdo municipal 12 de 2017 en la vereda, exponiendo la necesidad de acciones correctivas por parte de las autoridades competentes para asegurar la sostenibilidad y el ordenamiento adecuado del territorio.

Según la información analizada obtenida en las encuestas se evidencian los cambios más representativos en la vereda La Sonadora en los últimos años, como un aumento de viviendas de recreo, de cultivos de flores y alimentos. Estas respuestas fueron las de mayor porcentaje e indican la percepción de la comunidad sobre la transformación que ha presenciado el territorio.

Respecto al sector floricultor incide directamente sobre la demanda hídrica del acueducto; ya que consumen alrededor de 10 m³ al mes, lo que requiere de una atención importante por parte de la Asociación, cabe aclarar que el agua ofertada es para garantizar el uso doméstico.

A partir de un análisis detallado sobre la oferta de agua en la comunidad, respaldado por datos secundarios y primarios, se evidenció una significativa variabilidad en el caudal de la fuente hídrica La Sonadora, influenciada directamente por condiciones climáticas como lluvias intensas, sequías y precipitaciones moderadas. Además, los resultados de los aforos realizados en la bocatoma e ingreso a la PTAP durante la época de verano destacan la fluctuación en la oferta hídrica, la cual tiene implicaciones directas en la disponibilidad de agua para el abastecimiento público. Fue así como en la vereda La Sonadora a finales de 2023 se presentó un fuerte desabastecimiento por el fenómeno del niño vivido a nivel nacional. El acueducto presentó en la fuente abastecedora una gran disminución del nivel del caudal, por lo que sus tanques de almacenamiento alcanzaban niveles muy bajos, lo cual no permitió garantizar el servicio continuo a todos los usuarios, realizando racionamientos diarios por aproximadamente 20 horas, siendo los más afectados los sectores altos con una población aproximada de 600 habitantes; aunque se trató de sectorizar para el abastecimiento esto no dio resultados positivos por la falta de presión

del sistema, por lo que se requirió abastecer a la comunidad a través de carrotanques, esto generó un gran déficit financiero en el acueducto llegando al borde de la quiebra. Es de resaltar que durante este suceso por parte de la administración municipal no hubo el suficiente apoyo al acueducto veredal, para superar la emergencia. Por lo que se destaca la necesidad del acueducto en fortalecerse tanto en la parte administrativa, legal, financiera, operativa y técnica para enfrentar estas situaciones.

Con respecto, a la demanda del recurso hídrico, a pesar de contar con la quebrada La Sonadora como fuente hídrica principal, se enfrenta a disminuciones de caudal durante épocas de sequía que causan desabastecimiento en la población. Además, la falta de legalización de conexiones irregulares del servicio de acueducto dificulta el control y la gestión efectiva de la organización. Asimismo, la topografía y las condiciones geográficas representan un desafío, especialmente en los sectores que se encuentran en zonas altas y son los primeros en experimentar desabastecimiento de agua en tiempo de verano, debido a la falta de presión en la red del sistema. Además, las viviendas ubicadas arriba de la Planta de Tratamiento de Agua Potable, no tienen el servicio de acueducto.

En conclusión, la prestación del servicio del acueducto La Sonadora presenta varias debilidades, como son la desactualización normativa, escasez de recurso hídrico, la carencia de recursos económicos, la falta de capacitación en cuanto al uso y ahorro eficiente del agua lo que pone en riesgo la sostenibilidad en el tiempo y el posible cambio de su razón social, siendo operado por entidades privadas.

13. Recomendaciones

Conforme a los datos recopilados y por medio de la evaluación más detallada de las estrategias de gestión del agua en la vereda La Sonadora, con el fin de desarrollar medidas adaptables que mitiguen los efectos de la variabilidad hídrica en el suministro de agua potable, es importante realizar un monitoreo constante para comprender las tendencias a largo plazo y facilitar una gestión eficiente del recurso hídrico. Además, aumentar la capacidad de almacenamiento ideal de acuerdo con la población a abastecer, la implementación de tecnologías de conservación y la promoción de prácticas de uso eficiente y ahorro del recurso hídrico por parte de la comunidad. Estas acciones aseguran un suministro de agua potable, seguro y sostenible para las necesidades presentes y futuras de la comunidad.

Por otro lado, para mejorar la gestión y abastecer la demanda es de vital importancia implementar medidas coordinadas entre la Asociación de Socios del Acueducto y Alcantarillado Sonadora con la autoridad ambiental, el municipio y las comunidades locales para asegurar un suministro sostenible y equitativo de agua. Por lo que se sugiere implementar una serie de medidas que aborden las principales problemáticas como la formalización de conexiones irregulares, mejoramiento de la infraestructura de distribución, tratamiento y regulación de concesiones de agua de acuerdo a la oferta hídrica para las actividades floricultoras, domésticas, agropecuarias, lo anterior bajo un enfoque de módulos de consumo de acuerdo a la normatividad vigente y un uso eficiente y responsable del recurso hídrico para garantizar la sostenibilidad ambiental y el bienestar de la comunidad.

Al desarrollar planes de emergencia y contingencia se posibilitará actuar de manera efectiva frente a situaciones como daños, fugas o interrupciones en el suministro de agua por inundaciones, avenidas torrenciales, turbidez, así como, la garantía de la continuidad en el servicio en épocas de sequía o ante cualquier eventualidad que se presente. En cuanto a las viviendas ubicadas antes de la Planta de Tratamiento y con cotas altas donde se experimenta el desabastecimiento de agua, se recomienda explorar soluciones como la instalación de sistemas de bombeo, lo cual permitirá la ampliación de la red de distribución de agua, asimismo, es importante incentivar a la comunidad en sistemas individuales de recolección de aguas lluvias y su adecuado almacenamiento.

Es indispensable para el acueducto buscar una fuente alterna que garantice la demanda al periodo de diseño, 3.07 L/s, a lo cual debe incrementarse la demanda de la población flotante y de la población no considerada que se pueda conectar al sistema.

Es de gran importancia realizar aforos diarios, ya que aportan información crucial para el manejo eficiente y sostenible del agua, así como un monitoreo preciso del caudal, detección temprana de anomalías como sequías, inundaciones que permiten tomar decisiones oportunas para posibles contingencias.

Abordar de manera integral las debilidades identificadas en la prestación del servicio del acueducto La Sonadora actualizando su normatividad a través de un estudio tarifario, con el fin de solventar los costos de operación, mantenimiento e inversión en infraestructura necesarios para garantizar la calidad, cobertura, continuidad y aseguramiento del servicio. Además, se propone regular los consumos de agua de acuerdo con la normatividad vigente RE-03991-2023, lo cual fomentará un uso racional por parte de los usuarios. Además, la posibilidad de acceder a subsidios de los entes estatales como el fondo de solidaridad y redistribución de los ingresos (FSRI) para los estratos 1,2 y 3, con el objetivo de garantizar el servicio a las poblaciones más vulnerables.

Con relación al mejoramiento de la parte operativa y administrativa se sugiere implementar herramientas tecnológicas modernas como un sistema electrónico cuyo fin es facilitar la toma de lecturas, la facturación y la optimización de los procesos. Por otra parte, el fortalecimiento empresarial a través de alianzas estratégicas permite el crecimiento y mejora la imagen, así como la prestación del servicio del acueducto.

Con el objetivo de fortalecer la conservación y recuperar las áreas de los servicios ecosistémicos de la microcuenca que suministra agua a acueductos, la secretaria de planeación deberá definir de manera precisa los límites y los perímetros de las zonas de influencia de las bocatomas, así como las áreas estratégicas para proteger los recursos hídricos. Para delimitar estas áreas, se deben considerar criterios como: pendientes, geomorfología y otros factores relevantes.

14. Referencias bibliográficas

- Acueducto Sonadora-Garzonas. (2021). Remisión PUEAA Plan.* <https://pdf.ac/2Nu0iB>
- AGRUCO, ETC-Los Andes, & Ecociencia. (2016). El Plan de Ordenamiento Territorial (POT) Bioandes. <https://ecociencia.org/portfolio-item/bioandes/>
- Alarcón García, S. J. (2021). Retos en el ordenamiento territorial para el abastecimiento hídrico de la aglomeración urbana-Manizales-Villamaría. *Territorios*, 45, 1–22. <https://n9.cl/l0uvv>
- Concejo Municipal de El Carmen de Viboral. (2017). Acuerdo municipal 12 2017-Plan Básico de Ordenamiento Territorial (P.B.O.T.). <https://www.concejoelcarmen.gov.co/concejo-archivo/acuerdos-municipales/acuerdos-municipales-2017#>
- Concejo Municipal de El Carmen de Viboral. (2017). Acuerdo municipal 12 2017-Plan Básico de Ordenamiento Territorial (P.B.O.T.). https://www.concejoelcarmen.gov.co/concejo-archivo/acuerdos-municipales/acuerdos_municipales-2017#
- Constitución Política de la República de Colombia, Pub. L. No. constitución política de 1991, Gaceta Constitucional (1991). <http://www.secretariassenado.gov.co/constitucion-politica>
- Contreras Ortiz, Y. (2021). Crecimiento urbano y gestión del recurso hídrico en América Latina: experiencias y desafíos - Instituto de Estudios Urbanos. En Y. Contreras Ortíz (Ed.), *Debates Gobierno Urbano serie Número 27* (pp. 6–6). Instituto de Estudios Urbanos-IEU. <https://ieu.unal.edu.co/centro-editorial/lineas-editoriales/debates-gobierno-urbano/item/222-n-27-crecimiento-urbano-y-gestion-del-recurso-hidrico-en-america-latina-experiencias-y-desafios>
- Decreto 1076 de 2015, Pub. L. No. 1076 de 2015, Diario Oficial No. 49.523 (2015). <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153>
- Decreto 1232 de 2020, Pub. L. No. 1232 de 2020, Diario Oficial número 51.437 (2020). <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=142020>
- Decreto 1575 de 2007, Pub. L. No. 1575 de 2007, Diario Oficial 46623 (2007). <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=30007>
- Decreto 2811 de 1974, Pub. L. No. 2811 de 1974, Diario Oficial No. 34243. (1974). <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1551>
- Decreto 3930 de 2010, Pub. L. No. 3930 de 2010, Diario Oficial 47.837 (2010). <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40620>
- Decreto 3930 de 2010, Pub. L. No. 3930 de 2010, Diario Oficial 47.837 (2010). <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40620>

Delgado Munevar, W. G. (2015). Gestión y valor económico del recurso hídrico. *Revista Finanzas y Política Económica*, 7(2), 279–298. <https://doi.org/10.14718/revfinanzpolitecon.2015.7.2.4>

Domínguez Calle, E. A., Rivera, H. G., Vanegas Sarmiento, R., & Moreno, P. (2008). Demanda-oferta de agua y el índice de escasez de agua como herramientas de evaluación del recurso hídrico colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 32(123), 192–212. <https://www.researchgate.net/publication/228463075>

Gallo García, A. P., & Zapata Marín, J. R. (2024). Caracterización hidroclimática, morfométrica y oferta hídrica de la microcuenca la vega redonda, vereda Guamito, municipio de el Peñol Antioquia año 2023-2024. No se ha publicado.

Gallo, L. M. (2022). ¿Por qué invertir en vivienda en El Carmen de Viboral? | *Revista Propiedades*. *Revista Propiedades El Colombiano*. <https://propiedades.com.co/abece-de-vivienda/por-que-invertir-en-vivienda-en-el-carmen-de-viboral/>

González, N. (2017). Desafíos de la gobernanza ambiental: una aproximación a las implicaciones de la Gestión Integrada del Recurso Hídrico en Colombia. *Ciencia Política*, 12(23), 205–229. <https://doi.org/10.15446/cp.v12n23.62595>

Grupo Gestión del Riesgo Oficina de Control Estratégico – CORNARE. (2012). Evaluación y zonificación de riesgos y dimensionamiento de procesos erosivos en los 26 municipios de la jurisdicción de Cornare. Convenio Cornare-Gobernación de Antioquia No 2011-CF-12-0051 Y. <https://n9.cl/nyl0k>

Gutiérrez Hurtado, J. (2010). La urbanización del mundo - FUHEM. Papeles de relaciones ecosociales y cambio global, 111, 41–55. https://www.fuhem.es/cdv_biblioteca/la-urbanizacion-del-mundo/

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. D. P. (2014). Metodología de la investigación. *Metodología de la investigación*, 91. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008&info=resumen&idioma=SPA>

Instituto de Hidrología-Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. (2018). Estudio Nacional del Agua 2018_Cartilla de avance. <https://n9.cl/5fw3z>

Ley 99 de 1993, Pub. L. No. 99 de 1993, Diario Oficial No. 41146 (1993). <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297>

Ley 142 de 1994, Pub. L. No. 142 de 1994, Diario Oficial No. 41.433 (1994). https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/compilacion/docs/ley_0142_1994.htm

Ley 152 de 1994, Pub. L. No. 152 de 1994, Diario Oficial No. 41.450 (1994). <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=327>

Ley 388 de 1997, Pub. L. No. 388 de 1997, Diario Oficial No. 43.091 (1997).
<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=339>

Ley 388 de 1997, Pub. L. No. 388 de 1997, Diario Oficial No. 43.091 (1997).
<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=339>

Ley 614 de 2000, Pub. L. No. 614 de 2000, Diario Oficial No. 44.168 (2000).
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4154>

Ley 1454 de 2011, Pub. L. No. 1454 de 2011, Diario Oficial No. 48.115 (2011).
https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/compilacion/docs/ley_1454_2011.htm

Ley 1581 de 2012, Pub. L. No. 1581 de 2012, Diario Oficial 48587 (2012).
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=49981>

Montero, L., & García, J. (2017). Panorama multidimensional del desarrollo urbano en América Latina y el Caribe | CEPAL (67a ed.). CEPAL.
<https://www.cepal.org/es/publicaciones/41974-panorama-multidimensional-desarrollo-urbano-america-latina-caribe>

Motta Vargas, R. (2015). prioridades ambientales en la región central de Colombia y su problemática en el recurso hídrico. Revista Republicana., 6.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21017/Rev.Repub>

Núñez Moscoso, J. (s/f). Los métodos mixtos en la investigación en educación: hacia un uso reflexivo. 2017. <https://doi.org/10.1590/198053143763>

Organización Panamericana de la Salud-OPS, & Organización Mundial de la Salud-OMS. (s/f). Agua y Saneamiento - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud. Recuperado el 4 de mayo de 2024, de <https://www.paho.org/es/temas/agua-saneamiento>

Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (2010).
<https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/gestion-integral-del-recurso->

Resolución 2115 de 2007, Pub. L. No. 2115 de 2007 (2007).
https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/compilacion/docs/resolucion_minproteccion_2115_2007.htm

Rico Amorós, A. M., & Hernández Hernández, M. (2008). Ordenación del territorio, escasez de recursos hídricos, competencia de usos e intensificación de las demandas urbano-turísticas en la Comunidad Valenciana. Documents d'anàlisi geogràfica, 51, 079–109.
<https://ddd.uab.cat/record/29494>

Sectorial S.A.S. (2022). Informe_Sectorial_Flores_Dic_2022.

Sotelo Núñez, E. I. (2013). Acceso doméstico al agua: condiciones de acceso y mecanismos de ajuste en dos asentamientos periurbanos de la Zona Metropolitana de la Ciudad

de México [Tesis de Doctorado, El Colegio de México].
<https://repositorio.colmex.mx/concern/theses/9g54xh89h?locale=es>

Valencia, G. A., & Fonseca Vera, H. F. (2020). Amenazas de los bosques en el corregimiento de Aguas Claras, Municipio de El Carmen de Viboral, Antioquia: transformaciones del suelo mediante un análisis multitemporal. Universidad EAFIT.
<http://hdl.handle.net/10784/24362>

Vargas Riaño, D. A. (2022, marzo 15). Por qué El Carmen es la zona con mejor proyección para invertir en vivienda en Antioquia. <https://n9.cl/if21b>

Vásquez Santamaría, J. E. (2014). Transición del ordenamiento territorial y tratamiento del recurso hídrico: algunos determinantes desde el caso de Medellín. (Transition of land and water treatment resource: The case since some determinants of Medellín). CES Derecho, 5(2), 165–180. <https://doi.org/10.21615/CESDER>

Velázquez, A. (2020). Muestreo de bola de nieve: Qué es, ventajas y cómo realizarlo. <https://www.questionpro.com/blog/es/muestreo-de-bola-de-nieve/>

Zamudio Rodríguez, C. (2012). Gobernabilidad sobre el recurso hídrico en Colombia: entre avances y retos. Gestión y Ambiente, 15(3), 99–112.
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/36284>