



**Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en
Útica, Cundinamarca.**

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Ambiental

Director (a):

Línea de Investigación:
Ingeniería Socio Técnica
Gestión para el desarrollo urbano y rural y mejoramiento de la calidad de vida

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá, Colombia
2018

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica,
Cundinamarca.

Acta de sustentación

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

Nota de Salvedad de Responsabilidad Institucional

La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velara por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia.

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

Agradecimientos

En primer lugar le agradezco a Dios porque me ha traído a donde estoy, le agradezco de manera muy especial a mi director John Freddy Arias Duque porque sin el este trabajo no hubiera sido posible, gracias profesor por su riguroso seguimiento, su ayuda, ánimo y apoyo que le dieron estructura a mi trabajo y me brindaron conocimiento para la vida laboral y personal. Gracias Andrés Rico por la ayuda incondicional brindada en campo y el conocimiento que me proporciono durante el proyecto y gracias a mi familia por el empuje que me sembraron desde muy temprana edad para estudiar y el amor por el campo.

Tabla de contenido

Tabla de contenido

1. Resumen	10
2. Abstract.....	10
3. Introducción.....	11
4. Planteamiento del problema	11
5. Objetivos.....	12
5.1 <i>Objetivo General</i>	12
5.2 <i>Objetivos específicos</i>	12
6. Justificación	13
7. Marco de referencia	13
7.1 <i>Marco Geográfico</i>	13
7.2 <i>Marco conceptual</i>	18
7.3 <i>Estado del arte</i>	21
7.4 <i>Marco teórico</i>	24
7.5 <i>Marco normativo</i>	31
7.6 <i>Marco Institucional</i>	36
8 Desarrollo metodológico	36
9 Resultados y análisis.....	42
9.1 <i>Resultados objetivo específico 1</i>	42
• Aspectos Urbanísticos	43
• Servicios Públicos.....	43
• Vías de Acceso	43
• Condiciones Socioeconómicas	43
• Educación	44
• Uso de suelos	44
• Estudio de la oferta de agua.....	44
9.1.2 Definición de la población, periodo de diseño y caudales de diseño.....	46
• Periodo de diseño.....	46
• Estimación de la población.....	46

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica,
Cundinamarca.

• Población Futura	48
• Uso del agua	49
• Dotación neta	49
• Perdidas.....	50
• Dotación bruta	50
• Demanda	50
Caudal medio Diario	50
Caudal máximo diario.....	51
Caudal máximo horario.....	51
Caudal de diseño	52
9.2 Resultados objetivo específico 2	52
• Caudal Q. Malguata	53
• Caudal Rio Zumbe.....	55
• Caracterización del agua cruda	58
9.3 Resultados objetivo específico 3.....	80
10. Conclusiones	88
11. Recomendaciones.....	90
12. Bibliografía	92
Anexos	93

Listado de Tablas

Tabla 1 Veredas del municipio de Útica	14
Tabla 2 Variables límite para el proceso de priorización.....	24
Tabla 3 Nivel de calidad del agua	25
Tabla 5 valores máximos aceptables de características físicas	27
Tabla 6 Características Químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana	27
Tabla 7 Características Químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana.....	27
Tabla 8 Características microbiológicas	27
Tabla 9 Puntaje de riesgo	28
Tabla 10 Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra y acciones que deben adelantarse	29
Tabla 11 Límites de calidad del agua para filtración lenta	30
Tabla 12 Matriz Legal.....	32
Tabla 13 Variables	37
Tabla 14 Matriz metodológica	39
Tabla 15 Población vereda Zumbe, Útica	46
Tabla 16 Registro de cambio poblacional.....	48
Tabla 17 Resumen de la Población	49
Tabla 18 Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar	50
Tabla 19 Resumen caudales	51

Tabla 20 Caudales de diseño.....	52
Tabla 21 tiempos de recorrido en la quebrada	54
Tabla 22 Profundidades en la Quebrada	55
Tabla 23 Áreas de la quebrada.....	55
Tabla 24 Tiempos en el rio zumbe.....	57
Tabla 25 Profundidades en el Rio Zumbe.....	57
Tabla 26 Áreas Rio Zumbe	57
Tabla 27 Parámetros medidos in situ	58
Tabla 28 Parámetros de comparación medidos en laboratorio	59
Tabla 29 Comparación de calidad del agua cruda	59
Tabla 30 Concentraciones en la prueba de jarras 1	61
Tabla 31 Turbiedad y color obtenidos en la prueba de jarras 1	62
Tabla 32 Concentraciones en la prueba de jarras 2.....	63
Tabla 33 Turbiedad y color obtenidos en la prueba de jarras 2	64
Tabla 34 Resultados filtración del agua tratada	67
Tabla 35 Resultados filtración directa Rio Zumbe en verano.....	68
Tabla 36 Resultados filtración directa Rio Zumbe invierno	68
Tabla 37 Resultados de filtración consolidados.....	68
Tabla 38 Caracterización del agua tratada	69
Tabla 39 Tipo de pre filtro	81

Listado de figuras

Figura 1 Localización general municipio Útica	14
Figura 2 Organigrama Útica, Cundinamarca	36
Figura 3 Grafica de comportamiento poblacional de Zumbe	48
Figura 4 Crecimiento poblacional a partir de 2014.....	49
Figura 5 Q.Malguata	53
Figura 6 Sección del caudal	54
Figura 7 Rio Zumbe	56
Figura 8 Medición de longitud.....	56
Figura 9 Primera prueba de jarras pre tratamiento.....	62
Figura 10 Primera prueba de jarras pos tratamiento	63
Figura 11 Segunda prueba de Jarras pre tratamiento	64
Figura 12 Segunda prueba de Jarras Pos tratamiento	65
Figura 13 Filtro lento de arena.....	66
Figura 14 Grafica pregunta 1	71
Figura 15 Grafica pregunta 2	72
Figura 16 Grafica pregunta 3	73
Figura 17 Grafica pregunta 4	73
Figura 18 Grafica pregunta 5	74
Figura 19 Grafica pregunta 6	75
Figura 20 Grafica pregunta 7	75
Figura 21 Grafica pregunta 8	76
Figura 22 Grafica pregunta 9	77
Figura 23 Grafica pregunta 10	78
Figura 24 Grafica pregunta 11	78
Figura 25 Entrevista 1	79
Figura 26 Entrevista familia 2.....	80
Figura 27 Tanque familia 1	84

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica,
Cundinamarca.

Figura 28 Tanques familia 2 85

Figura 29 Caneca plástica de 55 galones 85

Figura 30 Capas de lecho filtrante 86

Figura 31 Resumen del diseño 88

1. Resumen

El acceso al agua potable en zonas rurales en Colombia, es un tema considerado de alta importancia y priorizado por diferentes instituciones de orden nacional y territorial. No obstante, pese a que la cobertura crece, muchas comunidades siguen pendientes de recibir agua apta para consumo humano en sus hogares. El presente proyecto tiene como objetivo definir conceptualmente el sistema de potabilización del agua más apropiado para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca donde actualmente la cobertura en agua potable es nula. Para su desarrollo, en trabajo de campo se reconoció la población a beneficiar; seguidamente se identificaron las fuentes de agua para abastecer el sistema, seleccionando la más adecuada de acuerdo con parámetros de calidad del agua cruda, su disponibilidad y condiciones técnicas; Posteriormente se ejecutaron pruebas de tratabilidad para definir un tren de tratamiento que entregue agua apta para consumo humano, de manera sencilla y económica. Concluyendo con la propuesta de una solución basada en la filtración lenta.

Palabras clave: *Agua potable, agua cruda, zona rural, potabilización, aspectos fisicoquímicos, aspectos microbiológicos.*

2. Abstract

Access to drinking water in rural areas in Colombia, is a topic considered of high importance and prioritized by national and territorial institutions. However, despite the fact that the coverage grows, many communities are pending for safe drinking water in their homes. This project aims to define the most suitable water purification system for the sidewalk of Útica Cundinamarca, Zumbe where drinking water coverage is currently null. For its development, field work was recognized in the population to benefit; then the water sources were identified to supply the system, selecting the most suitable according to parameters of quality of the raw water, its availability, and technical conditions; Subsequently Treatability tests were carried out to define a train of treatment that delivers water suitable for human consumption, simple and economic way. Concluding with the proposal of a solution based on the slow filtration.

Key Words: drinking water, raw water, rural area, purification, physicochemical aspects, microbiological aspects.

3. Introducción

Actualmente no se tienen estudios amplios acerca de un método de potabilización alternativo para las zonas rurales en Colombia, las propuestas que se hacen generalmente son Plantas potabilizadoras de agua que resultan costosas y que en zonas rurales no son muy viables, estos proyectos generalmente se quedan estancados y el resultante es que la población de zonas rurales siga sin acceso al agua potable. En junio de 2018 la contraloría denunció irregularidades en 23 proyectos de acueducto, en la mayoría de los casos no se entregó la carta de requisito de sostenibilidad y en un 74% no se entregó el plan de sostenibilidad, ambos requisitos de carácter obligatorio (Morantes, 2018).

Con el presente proyecto se busca un método de potabilización del agua en la vereda Zumbe de Útica, Cundinamarca que permita brindar una propuesta viable de acceso al agua potable a la población rural y así contribuir a evitar riesgo de enfermedades, disminuir los gastos en el sistema de salud y ahorrar los costos que representaría una Planta de tratamiento de agua potable PTAP inapropiada. El objetivo número 6 de desarrollo sostenible “Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos” (PNUD, 2018) tiene planteada como meta para el 2030 lograr el acceso universal y equitativo a servicios seguros de agua potable a un precio asequible, y lograr el acceso equitativo a servicios de saneamiento e higiene adecuados para todos, poniendo fin a la defecación al aire libre, y prestando especial atención a las necesidades de las mujeres y las niñas y las personas en situaciones vulnerables (Peña, 2018).

En primera instancia se recopiló la información necesaria para caracterizar la población beneficiada y determinar los caudales de diseño, para posteriormente realizar la selección del cuerpo de agua apropiado siguiendo los lineamientos de la Normatividad del Reglamento del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. Después se procedió a caracterizar (Turbiedad, Color y coliformes) los cuerpos de agua disponibles que podrían ser una opción viable como los son el río Zumbe y la quebrada Malguata, a partir de estos resultados se seleccionó el cuerpo de agua más viable para proceder a realizar una caracterización más profunda y a partir de bases teóricas y los resultados de laboratorio se seleccionó el método de potabilización del agua más adecuado para la fuente seleccionada. Finalmente se obtuvo así la propuesta de potabilización del agua de la vereda proponiendo el diseño conceptual más apropiado.

4. Planteamiento del problema

La vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca es una de las muchas zonas rurales que no cuenta con acceso al agua potable en Colombia, por lo tanto, en invierno la población usa principalmente el agua de lluvia para sus tareas domésticas incluyendo la alimentación; cuando hay época de sequía recurren a los cuerpos de agua lenticos y loticos que se encuentran en la periferia de sus asentamientos ya que la zona cuenta con bastantes fuentes de recurso hídrico (Useche, 2017). Para el 2015 según el DANE hay 1,4 millones de personas beneficiadas con el acueducto de los 8 millones que lo habitan.

El agua, en su continuo recorrido y a causa de los usos que se le da, se combina con otros elementos y sustancias en cantidades capaces de alterar su calidad, de tal manera que la hacen perjudicial para el bienestar y la salud de las personas, animales y plantas. Las aguas destinadas para consumo humano no deben tener organismos, sustancias químicas, minerales o impurezas que puedan causarnos enfermedades. El agua que no está debidamente tratada tiene consecuencias graves sobre la salud

humana, las enfermedades relacionadas con el uso de agua incluyen aquellas causadas por microorganismos y sustancias químicas presentes en el agua usada para consumo (Ministerio de vivienda, 2014).

El acceso a servicios de agua, saneamiento e higiene sin riesgos podría evitar que muchas personas sufran enfermedades. Se calcula que las enfermedades diarreicas causan alrededor del 3,6% del total de los años de vida ajustados en función de la discapacidad debidos a enfermedades y causan 1,5 millones de fallecimientos cada año. De acuerdo con las estimaciones, el 58% de esa carga de enfermedad —es decir, 842 000 muertes anuales— se debe a la ausencia de agua salubre y a un saneamiento y una higiene deficientes, e incluyen 361 000 fallecimientos de niños menores de 5 años, la mayor parte de ellos en países de ingresos bajos (WHO, www.who.int, 2018). Actualmente Colombia tiene una población de 48.747.632 hab. De los cuales 11.699.520 habitantes habitan en zonas rurales para los cuales hasta la fecha solo existen 11000 sistema de Agua Potable y Saneamiento APS (SIASAR, 2018).

Pese a tener fuentes de agua de buena calidad, la cobertura de agua potable en la vereda es del 0 % y a pesar de que los habitantes de la vereda hierven el agua como medida de precaución en tiempo de verano cuando se ven obligados a usar el agua de ríos y aljibes, este proceso no es suficiente para eliminar todas las características dañinas de los cuerpos de agua, así que los implementos culinarios se dañan y la comida no sabe igual debido a que como antes se mencionó el agua no ha pasado por ningún tratamiento específico para consumo humano.

Por otro lado, los habitantes de la vereda no tienen un uso consiente del agua, es decir, los cuerpos de agua que usan para su consumo no están bien cuidados y no los usan solo para esta actividad sino también para actividades de riego o de ganadería. En algunos casos las mangueras con las que extraen el agua permanecen todo el día extrayendo el recurso incluso cuando ya no es necesario usarla, por lo tanto, el desperdicio hídrico es bastante alto.

El hecho de no atender esta situación implica un aumento no solo en las enfermedades principalmente diarreicas según la OMS sino también del uso inadecuado y el recurso hídrico, frente a ello el proponer un sistema de potabilización del agua en la vereda sirve como referente para el uso y tratamiento de agua adecuado en las zonas rurales de Colombia.

5. Objetivos

5.1 Objetivo General

Proponer el sistema de potabilización del agua más apropiado para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

5.2 Objetivos específicos

- Elaborar un diagnóstico de la zona a trabajar, para seleccionar los requerimientos del método de potabilización que se desee aplicar.
- Seleccionar el cuerpo de agua más adecuado para abastecer a la población beneficiada y definir el método de potabilización más apropiado.
- Diseñar conceptualmente el sistema para la potabilización del agua.

6. Justificación

Este proyecto busca brindar un referente de potabilización de agua y uso adecuado de los cuerpos de agua en la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca ya que la cobertura en agua potable es del % y el reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico para Colombia RAS califica con un nivel de prioridad alto cuando el valor límite para la cobertura es de 85% y recomienda a los municipios darle prioridad a los proyectos de ampliación de la cobertura en agua potable (RAS, RAS Titulo A ASPECTOS GENERALES DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO, 2000). Esta propuesta busca a largo plazo ofrecer una opción más rentable a la alcaldía del municipio con la cual los habitantes de la vereda tengan acceso al agua potable, siguiendo las recomendaciones de la evaluación socioeconómica de las soluciones se considera pertinente una filtración lenta con desinfección.

El impacto positivo en la sociedad y en la calidad de vida será de gran magnitud ya que se estará cubriendo una necesidad básica que tiene la población y a la cual tienen derecho, esto posiblemente se verá reflejado en la disminución de las complicaciones en salud asociadas al consumo de agua no apta y su credibilidad frente al interés de la alcaldía en la zona rural.

La importancia de este proyecto radica en que se plantea una propuesta que procura mejorar la calidad de vida de las personas disminuyendo los riesgos a enfermedades relacionadas con el consumo de agua no apta para consumo humano. Por lo tanto, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es el sistema de tratamiento de agua potable más apropiado para la comunidad de la vereda Zumbe en el municipio de Útica?

7. Marco de referencia

7.1 Marco Geográfico

A continuación, se realizará una contextualización amplia del municipio de Útica y la vereda Zumbe.

7.1.1 Generalidades del municipio de Útica

El municipio de Útica se encuentra ubicado al noroeste del Departamento de Cundinamarca dentro de la Provincia del Gualivá con una altura de pisos térmicos que varía entre los 400 a 1600 metros sobre el nivel del mar - m.s.n.m. El área aproximada del municipio de Útica según el Esquema de Ordenamiento Territorial – EOT es de 9.233 hectáreas, distribuidas en 9.029 hectáreas de superficie rural y 204 hectáreas (más de 2km²) en superficie urbana (Hernandez, 2012). Según la calculadora de crecimiento poblacional Population City el último registro de población que se dio por parte de la alcaldía fue en el 2017 para un total aproximado de 5000 habitantes, con los cálculos estimados para el 2018 la población del municipio sería de 5031 habitantes (City, 2018).

El Municipio de Útica presenta una temperatura promedio de 26 °C y no se caracteriza por ser una zona de alta pluviosidad, en cuanto registra 1.360 mm al año, conforme se encuentra ubicado dentro de un bosque tropical seco.

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.



Figura 1 Localización general municipio Útica

Fuente: Plan de desarrollo municipal Útica 2012-2015

7.1.2 División político administrativa

El Municipio de Útica presenta una extensión superficial total de 92,33 km², representando el 7% del área de la provincia del Gualivá y cerca del 0.4% del área total del Departamento de Cundinamarca. Según el EOT el área se divide en el casco urbano y en la zona rural subdividida en las veredas que se presentan a continuación (Hernandez, 2012).

Tabla 1 Veredas del municipio de Útica

Numero	Vereda	Numero	Vereda
1	ABUELITA	8	MONTAÑA
2	CURAPO	9	NARANJAL
3	CHIVAZA	10	PALACIO

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

4	FURATENA	11	TERAMA
5	ENTABLE	12	TURTUR
6	LA FRIA	13	VIGUAL
7	LIBERIA	14	ZUMBE

Fuente: Plan de desarrollo municipal Útica 2012-2015

Dichas veredas estan localizadas como se muestra en el siguiente mapa.

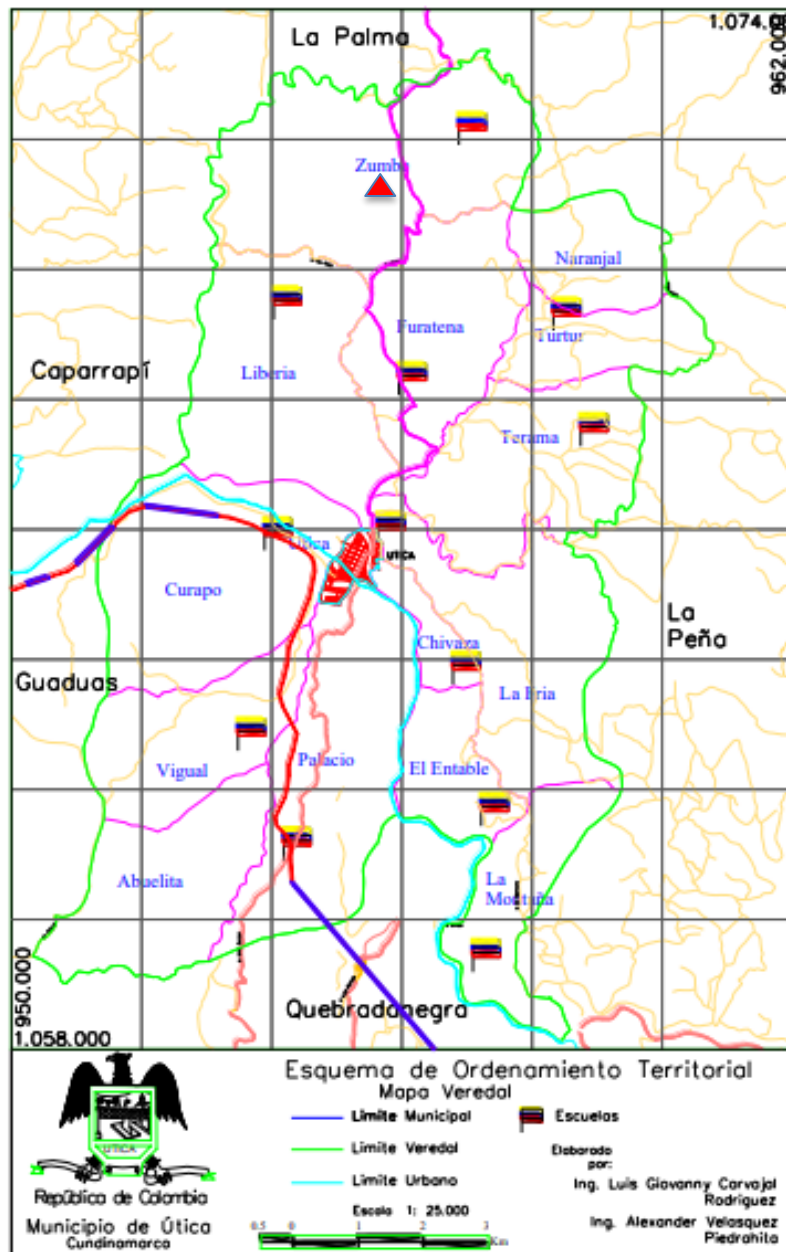


Figura 2 División político veredal del municipio de Útica

Fuente: Plan de desarrollo municipal Útica 2012-2015



Figura 3 Vereda Zumbe, Finca La Cajita

Fuente: El autor

7.1.3 Recurso Hídrico

La oferta hídrica del municipio de Útica es muy elevada, teniendo en cuenta que gran parte del perímetro urbano está delimitado por la Sub cuenca del Rio Medio Negro y la Sub cuenca de la Quebrada Negra, que son cuerpos de agua pertenecientes a la Cuenca del Rio Negro.

Teniendo en cuenta la orografía del municipio reflejada en altas pendientes, terrenos quebrados y cauces estrechos, los cuerpos de agua tienden a ser de carácter torrencial, también a causa de la alta deforestación, por su corto recorrido a excepción de la Cuenca del Rio Negro (Hernandez, 2012). La vereda Zumbe cuenta con diversas fuentes de agua, en su mayoría aljibes, pero el cuerpo de agua principal es el Rio Zumbe este es usado para la mayoría de actividades, cuando la temporada de verano empieza la fuente de agua predilecta es la quebrada Malguata la cual desemboca en la Rio zumbe y cuyas aguas son cristalinas. Los cuerpos de agua en mención no fueron encontrados en los POMCA de la región.



Figura 4 Rio Zumbe

Fuente: El autor

7.1.4 Principales actividades económicas

En el municipio de Útica se tiene como principal actividad económica la producción de panela, mediante el cultivo de caña para su procesamiento en las diferentes enramadas o “trapiches” de carácter comunitario. A pesar de esto no hay una estructura u organización dentro de la comunidad, se carece de políticas de promoción e impulso del producto, no hay capacitación para la comunidad y no existen programas que fortalezcan institucionalmente al sector (Hernandez, 2012).

La caña panelera, es el primer renglón productivo del municipio, pero las constantes variaciones de los precios no le han permitido al productor hacer una inversión en pro del mejoramiento del cultivo y de las instalaciones de molienda (Hernandez, 2012).

En segunda instancia se tiene como actividad pecuaria sobresaliente el ganado bovino debido a esto se ha perdido incentivo económico en la producción de maíz y las áreas destinadas a cosecha han pasado a ser de pastoreo intensivo. Últimamente el turismo en la región ha tenido un auge impresionante (Hernandez, 2012).

7.1.5 Turismo

El patrimonio Natural del municipio de Útica, se sustenta en la riqueza natural, representada en la flora, la fauna y sobre todo del recurso hídrico; algunos ejemplos son (Hernandez, 2012):

- Pozo de cristo
- Termales de la Quebrada Negra
- Cascadas de la Papaya (Quebrada la Papaya)
- Balneario y aguas azufradas El Peñón (Subcuenca Río Medio Negro)

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

7.2 Marco conceptual

7.2.1 Agua apta para consumo (agua potable)

Es aquella que no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes vulnerabilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida. Además, el agua potable es adecuada para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal (OMS, 2006). Es aquella que por cumplir las características físicas, químicas y microbiológicas, en las condiciones señaladas en el decreto 1575 de 2007 y demás normas que la reglamenten, es apta para consumo humano. Se utiliza en bebida directa, en la preparación de alimentos o en la higiene personal.

7.2.2 Gestión integral del recurso hídrico

La GIRH se define como “un proceso que promueve la gestión y el aprovechamiento coordinado de los recursos hídricos, la tierra y los recursos naturales relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales (Minambiente, 2018).

7.2.3 Potabilización

Es un proceso que se realiza para mejorar la calidad física, química y bacteriológica del agua. Los aspectos básicos que debe cumplir son: higiénicos (que no suponga riesgo para la salud humana); estéticos (eliminación de factores físicos característicos de las aguas tales como color, olor, turbidez y sabor); y económicos (efectos que acorten la vida útil de máquinas e instalaciones) (Palomero, 2016).

Existen diferentes métodos de potabilización del agua clasificados según la tecnología usada, en Latinoamérica son comunes las plantas de filtración rápida y de filtración lenta por considerarse tecnologías apropiadas por la sencillez en sus diseños, el bajo costo de construcción comparadas con otras tecnologías y las facilidades que brinda su operación y mantenimiento.

7.2.4 Filtración lenta de arena

Según el CEPIS en el capítulo 3 del manual de plantas de filtración rápida, la filtración lenta de arena simula el proceso de tratamiento que se efectúa en la naturaleza en forma espontánea al percolar el agua de lluvia, ríos, lagunas, etcétera. A través de los estratos de la corteza terrestre, atravesando capas de grava, arena y arcilla hasta alcanzar los acuíferos o ríos subterráneos (CEPIS, Mezcla rápida, 2004). Garantiza la remoción de la mayoría de bacterias, siempre y cuando cuente con una capa biológica, cuenta con muchas ventajas principalmente al ser económica, reducir en un 99% de bacterias que producen enfermedades de origen hídrico, reduce el material orgánico en un 98% y la reducción eficiente del color y la turbiedad del agua (OPS, 2000).

7.2.5 Filtración directa

Es la solución adecuada para tratar aguas superficiales de baja turbiedad y color. En general, la unidad de filtración está precedida por la mezcla rápida y la pre floculación o solamente por la mezcla rápida (CEPIS, Mezcla rápida, 2004).

7.2.6 Filtración Rápida

Las tasas de filtración oscilan entre los 80 y 300 m³ /m².d, por esta razón los filtros se colmatan en una operación de 50 horas, tiempo al cual deben retro lavarse para restablecer la capacidad de

filtración de la unidad. Las plantas de filtración rápida pueden ser completas o directas, dependiendo de la calidad de agua.

7.2.7 Partículas coloidales

Las partículas coloidales son partículas muy pequeñas y estables contenidas en el agua, por lo general presentan un diámetro entre 1 y 1.000 mili micrómetros y su comportamiento depende de su naturaleza y origen. Estas partículas presentes en el agua son las principales responsables de la turbiedad y deben desestabilizarse para permitir su aglomeración y remoción (CEPIS, 2004)

7.2.8 Coagulantes

Son aquellos compuestos, generalmente de hierro o aluminio capaces de desestabilizar las partículas coloidales para formar un floc de buen tamaño y peso, facilitando su precipitación (Romero, 2005)

7.2.9 Mezcla Rápida

Se denomina mezcla rápida a las condiciones de intensidad de agitación y tiempo de retención que debe reunir la masa de agua en el momento en que se dosifica el coagulante, con la finalidad de que las reacciones de coagulación se den en las condiciones óptimas correspondientes al mecanismo de coagulación predominante (CEPIS, 2004).

7.2.10 Coagulación

La coagulación es un proceso muy rápido que se lleva a cabo generalmente con la adición de sales de aluminio y hierro, este proceso es resultado de dos fenómenos. El primero, esencialmente químico, consiste en las reacciones del coagulante con el agua y la formación de especies hidrolizadas con carga positiva y el segundo, fundamentalmente físico, consiste en el transporte de especies hidrolizadas para que hagan contacto con las impurezas del agua (CEPIS, Mezcla rápida, 2004).

7.2.11 Filtración

Según el ministerio de vivienda, ciudad y territorio la filtración es un proceso que consiste en pasar el agua a través de varias capas de material poroso con el fin de retener algunas bacterias y partículas suspendidas en el líquido (Ministerio de vivienda, 2014). Retención de los sólidos contenidos en el agua al pasar por un medio poroso o granular, para plantas convencionales o plantas compactas (SOCIAL, 2009).

7.2.12 Sedimentación

La sedimentación es la remoción por efecto gravitacional de las partículas en suspensión presentes en el agua según el CEPIS se aclara que las partículas deberán tener un peso mayor al del fluido. (CEPIS, Mezcla rápida, 2004).

7.2.13 Ensayo de jarras

Es un ensayo muy importante en el control del proceso de coagulación química de aguas. Se realiza, entre otros, con los siguientes propósitos:

- Selección del tipo de coagulación más efectivo.
- Determinación del pH óptimo de coagulación.
- Evaluación de la dosis óptima de coagulante.
- Determinación de la dosis de ayudas de coagulación.
- Determinación del orden más efectivo de adición de los diferentes productos químicos.
- Determinación de los niveles óptimos de mezcla, gradientes de velocidad y tiempos de mezcla.
- Evaluación de la necesidad de proveer floculación y sedimentación previa a la filtración o factibilidad de filtración directa (Romero, 2005).

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

7.2.14 Flotación

Este es un proceso de clarificación primaria particularmente efectivo para tratar aguas con baja turbiedad, altamente coloreadas y con gran contenido de algas, el cual consiste en la separación de las partículas naturales presentes en el agua cruda, coaguladas o floculadas, mediante el uso de sales de aluminio o de hierro y de polímeros (CEPIS, Mezcla rápida, 2004).

7.2.15 Floculación

La floculación es un proceso que se realiza para reunir las partículas desestabilizadas para formar aglomeraciones de mayor peso y tamaño para que se sedimente con más facilidad.

7.2.16 Desinfección

Es una operación de importancia incuestionable ya que constituye una barrera eficaz para diferentes patógenos, debe utilizarse tanto en aguas superficiales y subterráneas expuestas a contaminación fecal. Se utiliza como protección parcial contra la contaminación en concentraciones bajas de microorganismos, este proceso reduce el riesgo general de enfermedades. El proceso de desinfección se realiza con cloro; ayuda a eliminar gran cantidad de microorganismos. Sin embargo, tiene una baja eficiencia contra los protozoos patógenos además requiere mucho cuidado ya que una dosis insuficiente no produce la desinfección total, y una dosis excesiva produce efectos negativos para la salud.

Un método de desinfección del agua que generalmente se usa en comunidades rurales es hervir el agua esta es una práctica segura siempre y cuando se efectúe por un tiempo no inferior a 15 minutos (OMS, 2006) y (Ministerio de vivienda, 2014).

7.2.17 Calidad del agua

Es el conjunto de características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas propias del agua según el Decreto 475 de 1998.

7.2.18 Ensayo de tratabilidad del agua

Son los estudios efectuados a nivel de laboratorio o de planta piloto, a una fuente de abastecimiento específica, para establecer el potencial de aplicación de un proceso de tratamiento (Publica, 1998).

7.2.19 Análisis microbiológico del agua

Son los procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para consumo humano para evaluar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos según la Resolución 2117 de 2007 (MINISTERIO DE AMBIENTE, 2007).

7.2.20 Color aparente

Es el color que presenta el agua en el momento de su recolección sin haber pasado por un filtro de 0.45 micras (MINISTERIO DE AMBIENTE, 2007).

7.2.21 Turbidez

Es una expresión de la propiedad o efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua; en otras palabras, es la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea reemitida y no transmitida a través de la suspensión (Romero, 2005).

7.2.22 Conductividad

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

La conductividad del agua es una expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica, que depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación (Romero, 2005).

7.2.23 Alcalinidad

La alcalinidad de un agua puede definirse como su capacidad para neutralizar ácidos, como su capacidad para reaccionar con iones hidrógeno, como su capacidad para aceptar protones o como la medida de su contenido total de sustancias alcalinas (OH^-) (Romero, 2005).

7.2.24 Zona rural

Según María Eugenia de la Peña la zona rural es aquella habitada por menos de 2000 habitantes, las cuales se pueden distribuir de manera concentrada o dispersa (Peña, 2018) Según el Departamento Nacional de Planeación DNP se entiende como zona rural el espacio comprendido entre la cabecera municipal o perímetro urbano y el límite municipal.

7.3 Estado del arte

En el presente numeral se dan a conocer los referentes bibliográficos seleccionados para hacer parte del estado del arte de la investigación a partir de una búsqueda y selección exhaustiva de bibliografía.

7.3.1 Global

A nivel global el tema de potabilización del agua y saneamiento ha tenido una importancia creciente en los últimos años debido a las metas planteadas por los objetivos de desarrollo sostenible ODS para el 2030. EL ODS 6 plantea “*garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos*”. Tal ODS busca lograr el acceso universal y equitativo al agua potable, a un precio asequible para todos y lograr el acceso equitativo a servicios de saneamiento e higiene adecuados para todos y poner fin a la defecación al aire libre, prestando especial atención a las necesidades de las mujeres y las niñas y las personas en situaciones vulnerables (UNDP, 2015), los referentes bibliográficos que se seleccionaron para evidenciar esto fueron los siguientes:

“Improving drinking-water supply in rural areas of Serbia” (WHO, EURO.WHO, 2017) En la presente publicación se expresa que las personas que habitan en el área rural tienden a ser las más vulnerables a los riesgos de enfermedades debido a que la calidad de servicios que se les brindan es mejor a la calidad de los servicios brindados en el área urbana. La publicación se enfoca en las soluciones a pequeña escala debido a que los reportes evidencian que estos sistemas representan en Serbia un mayor riesgo para la salud puesto que estos sistemas no tienen el debido tratamiento y desinfección y dejan de funcionar en periodos de sequía. La publicación buscaba saber si los métodos a pequeña escala eran eficientes haciéndole pruebas al agua que se servía, el análisis de agua mostro que solo el 68% de muestras de agua de los abastecimientos individuales cumplen con los requisitos internacionales de análisis microbiológico y solo el 29% con las características fisicoquímicas, los mayores riesgos que se evidenciaron fueron que las fuentes no tenían un sistema de desinfección, la mayoría estaba expuesta a que animales lo intervinieran y algunos eran operados por personal no calificado. Solo el 28% de los sistemas a pequeña escala no necesitan mejoras. La investigación logro por primera vez que las personas que viven en el área rural se dieran cuenta de la calidad del agua que bebían y logro demostrar una vez más la brecha entre el ámbito rural y urbano.

“El agua y el saneamiento en el Informe sobre los Objetivos de Desarrollo del Milenio 2012” (ONU, 2012) Este es un programa realizado por la ONU en el informe resaltan que pese a que no se

ha logrado que la totalidad de personas tengan acceso al agua potable, si se ha aumentado el número de beneficiados a un 89% en 2010 tras haber sido de 76% en 1990, además se evidencia que el número de personas a aumentado 2.000 millones desde 1990 es decir al 2010 los beneficiados fueron 6.100 millones, los países que más progresaron fueron China e India con un incremento respectivo de 457 millones y 522 millones. Sin embargo, un 11% de la población sigue sin acceso al agua potable, el programa realiza un inca pie en que las áreas rurales siguen siendo las más atrasadas, en estas áreas no ha habido mucha mejora se pasó de 1.100 millones sin acceso en 1990 a 653 millones en 2010. Esto deja en claro que la brecha entre zonas rurales y urbanas sigue siendo muy amplia el número de personas en zonas rurales sin acceso al agua potable es 5 veces mayor que el de personas de zonas urbanas.

7.3.2 Regional (*América Latina*)

Por supuesto los temas de potabilización del agua son de bastante interés en América Latina a continuación se presentan los referentes relevantes que abarcan el tema con amplia gama.

Ejecutar proyectos de agua y saneamiento en el sector rural: retos y desafíos en américa latina y el caribe (Peña, 2018). En esta nota técnica del Banco Interamericano de Desarrollo BID, se plantea que en la actualidad en América latina y el caribe 34 millones de personas aún no tienen acceso al agua potable y 106 millones a saneamiento adecuado; de estos 18,5 millones principalmente de zonas rurales. Aun teniendo en cuenta que en el 2015 se mejoró la definición de agua potable y saneamiento puesto que el marco de los objetivos de desarrollo sostenible, incluyo el concepto de agua segura (acceso a una fuente mejorada de agua potable que está localizada dentro de la vivienda, disponible cuando se necesita y libre de contaminación fecal y contaminantes químicos prioritarios) y de sistemas de saneamiento seguros (que las instalaciones mejoradas no se comparten con otros hogares y donde la excreta se dispone de forma segura in situ o es transportada y tratada fuera de la vivienda). La nota técnica referencia que debido a esto el reto aumento en cuanto APS.

Realizando una inspección en cuanto al ámbito administrativo, la nota plasma cómo se maneja el recurso hídrico la potabilización y saneamiento de las zonas rurales en algunos países por ejemplo Perú, en el cual el sector se encuentra dentro de la institución responsable también del sector de vivienda y construcción (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento), lo que muestra el enfoque que da el país a la prestación de los servicios de APS en la línea del desarrollo habitacional y la urbanización se incluye también la organización que tiene nuestro país Colombia, en el cual la rectoría de la política del sector de APS rural también se encuentra en el ministerio responsable de la Vivienda (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio), aunque cobijado más hacia un enfoque de desarrollo territorial por otro lado en Uruguay también se encuentra dentro del ministerio de vivienda, pero este se dirige a su vez al sector de medio ambiente (Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente).

La nota plantea que la zona rural presenta retos específicos para poder implementar el APS, y habla de ellos específicamente como lo son la posición socioeconómica, la lejanía, el estado de las vías, los aspectos culturales, etc. Se concluye que, es necesario implementar metodologías que tengan en cuenta estos retos

7.3.3 Local (*Colombia*)

Los referentes que ilustran la investigación sobre agua potable en Colombia son los siguientes.

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

Programa de Abastecimiento y Saneamiento Rural y Periurbano (Manjarrés, 2018) este proyecto fue planteado por el Banco Interamericano de desarrollo BID Este programa busca disminuir las brechas de cobertura en materia de agua potable y saneamiento, en las zonas rurales y periurbanas, dando prioridad a las comunidades asentadas en zonas con altos niveles de pobreza y necesidades básicas insatisfechas. El acceso al programa será a través de los municipios, quienes estarán a cargo de ejecutar los proyectos en las comunidades beneficiarias de su jurisdicción. La Nación subsidiará parcialmente los requerimientos de inversión y de fortalecimiento comunitario, buscando apalancar recursos de las entidades territoriales y, cuando sea posible, de las comunidades y otros donantes. El programa se ejecutará en estrecha coordinación con el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, para atender la política de vivienda rural, y con otras áreas del MAVDT en lo referido a las políticas de Gestión Integrada del Recurso Hídrico y de Cambio Climático. Para apoyar a las comunidades con mayores rezagos y menor capacidad de gestión, el programa brindará asistencia técnica para la preparación de proyectos, asegurando la participación de la comunidad en el ciclo del proyecto.

El programa incluiría cuatro componentes: i) inversiones en infraestructura para la construcción y/o ampliación de proyectos de agua potable y saneamiento en comunidades rurales, y de conexiones intradomiciliarias en zonas urbanas de extrema pobreza, incluyendo las actividades de promoción y educación comunitaria que sean requeridas durante el ciclo de proyecto (US\$ 44 millones); ii) desarrollo comunitario y preparación de proyectos integrales (considerando aspectos técnicos, económicos, ambientales y sociales) de agua y saneamiento rural, y de conexiones intradomiciliarias en zonas urbanas (US\$ 6 millones); iii) fortalecimiento institucional de entidades del nivel nacional, municipal y regional, la revisión y propuesta de ajuste (simplificación) del marco regulatorio y de control y vigilancia para los prestadores rurales (US\$ 2 millones); y iv) el diseño y montaje de esquemas sostenibles de prestación de los servicios (US\$ 3 millones). Adicionalmente se incluirán los costos de administración, promoción, seguimiento, monitoreo y evaluación del Programa.

“Programa agua para todos” (MINVIVIENDA, 2018) Este es un proyecto rural del ministerio de vivienda el cual tiene como objetivo Contemplar un especial enfoque a la atención del abastecimiento de agua y el saneamiento básico en las zonas rurales, con el fin de reducir la brecha existente frente a las zonas urbanas. En el proyecto se asignaron \$124.400 millones del 2012 al 2014, el proyecto esperaba beneficiar en especial a un aproximado de 135 mil habitantes con altos niveles de necesidades insatisfechas, municipios en zonas de consolidación, comunidades indígenas y afrodescendientes los impactos que tiene el proyecto son cobertura de sistemas de abastecimiento de agua y manejo de aguas residuales, suministro de agua potable, continuidad en la prestación de los sistemas y evitar descargas directas a cuerpos de agua para el caso de soluciones de saneamiento.

“Análisis de los diseños de las plantas de tratamiento de agua potable (PTAP) y calidad del agua cruda y tratada en el departamento de Cundinamarca” (Aristizabal, 2015) El presente es un trabajo de grado realizado por estudiantes de la universidad distrital de Colombia, el cual tenía como objetivo Analizar los diseños de las PTAP en el departamento de Cundinamarca nuevas y optimizadas, así como la calidad del agua procesada en las mismas, con respecto a las normativas vigentes, para ello realizaron una recopilación de información de los proyectos de PTAP encontrados en los archivos de Empresas Publicas de Cundinamarca, se realizó una inspección exhaustiva del reglamento para agua potable y saneamiento RAS y otras políticas rigentes sobre agua potable, para así realizar una comparación y verificar que PTAP cumplen con el reglamento, encontraron que en muchas PTAP no se tienen en cuenta análisis de elemento como el mercurio y que muchas veces no se hace análisis de tratabilidad en el agua que va a servir como suministro lo cual no está bien puesto que un cuerpo de agua que se encuentre en buenas condiciones al ser expuesto a muchos procesos de tratabilidad puede empeorar su calidad.

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

“Diseño hidráulico de una planta de potabilización de agua en la vereda de San Antonio de Anapoima” (Muñoz, 2016) Este es un trabajo de grado que como su nombre lo indica realiza el diseño hidráulico de una planta de potabilización de agua en la vereda de san Antonio de Anapoima, para ello realizan todos los pasos indicados por el RAS 2000 teniendo en cuenta la calidad del agua que la población está consumiendo, al ser un trabajo de grado de ingeniería civil su enfoque está en el diseño de la PTAP con lo cual concluye que para las poblaciones menores a 1000 habitantes se deben tener en cuenta otros factores y que los insumos varían mucho, además de que la PTAP saldría mucho más costosa que el sistema ya operante de la vereda, además en un área rural representas muchas desventajas un diseño hidráulico puesto que requiere de un gran dimensionamiento.

7.4 Marco teórico

El marco teórico base para el trabajo se presenta en el orden que se van desarrollando los objetivos propuestos. El reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico - RAS y sus guías metodológicas, ofrecen un marco importante para el desarrollo de los objetivos.

7.4.1 Priorización de proyectos en agua potable y saneamiento básico

Se deben priorizar los proyectos de infraestructura cuyo desarrollo es prioritario en cuanto a saneamiento básico y agua potable, para garantizar la sostenibilidad económica de los proyectos como se muestra a continuación.

Tabla 2 Variables límite para el proceso de priorización

Parámetro	Símbolo	Bajo	Medio	Medio Alto	Alto
Cobertura mínima de agua potable	Cob.AP	95%	90%	90%	85%
Rezago máximo entre cobertura de alcantarillado respecto al agua potable	AP-AL	10%	10%	15%	15%
Cobertura mínima de recolección de desechos sólidos	Cob RDS	95%	85%	85%	80%

Fuente: Título A, RAS.

El esquema de priorización de proyectos del título A del RAS el cual se muestra dependiendo del parámetro los proyectos que debe adelantar el municipio.

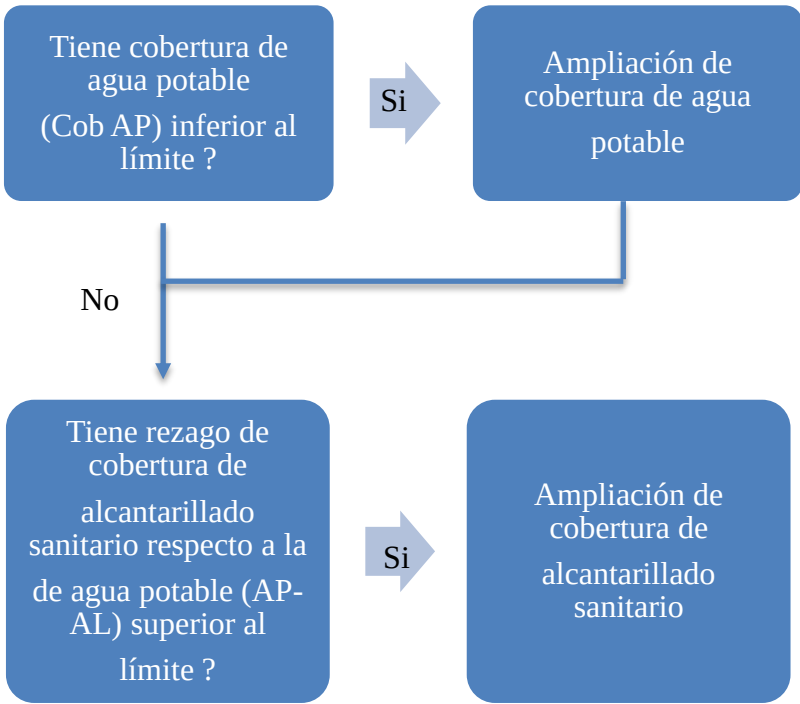


Figura 6 Esquema de priorización de proyectos

Fuente: Adaptación del autor.

7.4.2 Estudios previos

Para el planteamiento de un proyecto de abastecimiento de agua potable es necesario recolectar información sobre el lugar estudiado tales como la descripción socioeconómica que incluye, los servicios públicos en el cual se incluye su cobertura, las vías de acceso, las condiciones socioeconómicas es decir sus principales fuentes de ingreso y los niveles de educación.

7.4.3 Fuentes de abastecimiento de agua.

Los planteamientos del título B del Ras se consideran fuentes de abastecimiento de agua aquellas provenientes de cuerpos de agua superficial o subterránea. Las fuentes de agua subterránea pueden ser ríos, quebradas, lagos, lagunas, embalses y en algunos casos agua de lluvia. El RAS exige saber las características físicas, químicas y microbiológicas de la fuente que se pueda escoger para abastecer

De pendiendo de la calidad de la fuente se elige su tratamiento, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3 Nivel de calidad del agua

Parámetros	Nivel de calidad de acuerdo a la contaminación
------------	--

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

	1. Fuente aceptable	2. Fuente regular	3. Fuente deficiente	4. Fuente muy deficiente
DBO 5 días				
Promedio mensual mg/	<1.5	1.5 - 2.5	2.5 – 4	>4
Máximo diario mg/L	1 – 3	3 - 4	4 – 6	>6
Coliformes totales (NMP/100 mL)				
Promedio mensual	0 – 50	50 - 500	500 – 5000	>5000
Oxígeno disuelto mg/L	>=4	>=4	>=4	<4
PH promedio	6.0 – 8.5	5.0 - 9.0	3.8 - 10.5	
Turbiedad (UNT)	<2	2 - 40	40 – 150	>= 150
Color verdadero (UPC)	<10	10 -20	20 – 40	>= 40
Gusto y Olor	Inofensivo	Inofensivo	Inofensivo	Inaceptable
Cloruros (mg/L - Cl)	< 50	50 - 150	150 – 200	300
Fluoruros (mg/L - F)	<1.2	<1.2	<1.2	>1.7
GRADO DE TRATAMIENTO				
Necesita un tratamiento convencional	NO	NO	SI	SI
Necesita unos tratamientos específicos	NO	NO	NO	SI
Procesos de tratamiento utilizados	(1) = Desinfección + Estabilización	(2)= Filtración Lenta o Filtración Directa + (1)	(3) =Pretratamiento + [Coagulación + Sedimentación+ Filtración Rápida] o [Filtración Lenta diversas etapas] + (1)	(4)= (3)+ Tratamientos específicos

Fuente: Titulo B, RAS

7.4.4 Calidad del agua potable

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

La Resolución 2115 de 2007 establece los parámetros que no debe sobrepasar el agua de consumo humano así:

Tabla 4 valores máximos aceptables de características físicas

Características físicas	Unidades	Valor máximo aceptable
Color aparente	Unidades de Platino cobalto (UPC)	15
Olor y Sabor	Aceptable o no aceptable	Aceptable
Turbiedad	Unidades nefelométricas de turbiedad (UNT)	2

Fuente: Resolución 2115 de 2007

Tabla 5 Características Químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud human	Expresados como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Carbono Orgánico Total	COT	5,0
Nitritos	NO ₂ ⁻	0.1
Nitratos	NO ₃ ⁻	10
Fluoruros	F ⁻	1

Fuente: Resolución 2115 de 2007

Tabla 6 Características Químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana

Elementos y compuestos químicos que tienen implicaciones de tipo económico	Expresadas como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Calcio	Ca	60
Alcalinidad total	CaCO ₃	200
Cloruros	Cl ⁻	250
Aluminio	Al ³⁺	0,2
Dureza total	CaCO ₃	300
Hierro total	Fe	0.3
Magnesio	Mg	36
Manganeso	Mn	0.1
Molibdeno	Mo	0.07
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	250
Zinc	Zn	3
Fosfatos	PO ₄ ³⁻	0.5

Fuente: Resolución 2115 de 2007

Tabla 7 Características microbiológicas

Coliformes Totales	Escherichia coli
---------------------------	-------------------------

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

Técnicas utilizadas		
Filtración por membrana	0 UFC/100 cm ³	0 UFC/100 cm ³
Enzima Sustrato	< de 1 microorganismo en 100 cm ³	< de 1 microorganismo en 100 cm ³
Sustrato Definido	0 microorganismo en 100 cm ³	0 microorganismo en 100 cm ³
Presencia – Ausencia	Ausencia en 100 cm ³	Ausencia en 100 cm ³

Fuente: Resolución 2115 de 2007

Para garantizar la calidad del agua en el agua de consumo se estable el índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano IRCA, el cual establece los puntajes de riesgo para los diferentes parámetros.

Tabla 8 Puntaje de riesgo

Característica	Puntaje de riesgo
Color aparente	6
Turbiedad	15
pH	1,5
Cloro residual libre	15
Alcalinidad total	1
Calcio	1
Fosfatos	1
Manganeso	1
Molibdeno	1
Magnesio	1
Zinc	1
Dureza Total	1
Sulfatos	1
Hierro total	1,5
Cloruros	1
Nitratos	1
Nitritos	3
Aluminio	3
Fluoruros	1
COT	3
Coliformes totales	15
Escherichia coli	25
Sumatoria de puntajes asignados	100

Fuente: Resolución 2115 de 2007

El valor del IRCA será 0 para cuando todos los parámetros se encuentren en cumplimiento y 100 cuando ninguno de ellos cumpla y representa el más alto riesgo. El IRCA se calcula por muestra con la siguiente ecuación

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

$$IRCA(\%) = \frac{\sum \text{Puntajes de riesgo asignado a las características no aceptables}}{\sum \text{Puntajes de riesgo asignados a todas las características analizadas}} \times 10$$

Así mismo teniendo en cuenta los resultados obtenidos para el puntaje IRCA, define la siguiente clasificación del nivel de riesgo del agua suministrada para consumo humano

Tabla 9 Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra y acciones que deben adelantarse

Clasificación IRCA (%)	Nivel de Riesgo	IRCA por muestra (notificaciones que adelantará la autoridad sanitaria de manera inmediata)	IRCA mensual (Acciones)
80.1-100	Inviabile Sanitariamente	Informar a la persona prestadora del servicio, al Comité de Vigilancia Epidemiológica, alcalde, gobernadores, Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, Ministerio de la Protección Social, Instituto Nacional de Salud, Ministerio de Ambiente, Contraloría General y Procuraduría General.	Agua no apta para consumo humano. Gestión directa, de acuerdo con su competencia, de la persona prestadora del servicio, alcaldes, gobernadores y entidades del orden nacional.
35.1 - 80	ALTO	Informar a la persona prestadora del servicio, al Comité de Vigilancia Epidemiológica, alcalde, gobernadores, Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.	Agua no apta para consumo humano. Gestión directa, de acuerdo con su competencia, de la persona prestadora del servicio, alcaldes y gobernadores respectivos
14.1 - 35	MEDIO	Informar a la persona prestadora del servicio, al Comité de Vigilancia Epidemiológica, alcalde, gobernadores.	Agua no apta para consumo humano. Gestión directa, de acuerdo con su competencia, de la persona prestadora del servicio.
5.1 - 14	BAJO	Informar a la persona prestadora del servicio y al Comité de Vigilancia Epidemiológica.	Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento.
0 - 5	SIN RIESGO	Continuar el control y la vigilancia.	Agua apta para consumo humano. Continuar la vigilancia.

Fuente: Resolución 2115 de 2007

7.4.4 Clases de asentamientos y sus tipos de soluciones.

Se distinguen dos clases de asentamiento en el ámbito rural, Los centros poblados o población nucleada, concentrada en caseríos o conjuntos de por lo menos 20 viviendas separadas por paredes, muros, cercas o huertas; y fincas y viviendas dispersas (población dispersa) separadas entre otros, por áreas cultivadas, prados, bosques, potreros, carreteras o caminos.

La solución colectiva sugerida es el acueducto veredal teniendo en cuenta la calidad de la fuente, las soluciones individuales para zonas dispersas son captación de agua superficial o subterránea lo cual puede ser multifamiliar, captación y almacenamiento de aguas lluvia, Filtración, clarificación y desinfección.

7.4.5 Tratamiento de agua en zonas rurales

Generalmente los procesos usados en una planta de tratamiento en el medio rural son el cribado, desarenado, sedimentación, pre filtración, filtración lenta, desinfección. Estos procesos se seleccionan según la calidad del agua, los riesgos sanitarios, la capacidad de la comunidad.etc. Los procesos que deba construir se deben seleccionar preferiblemente a partir de pruebas de tratabilidad. Se establece un guía para los procesos de una planta de filtración lenta a continuación se presenta el esquema adaptado a la parte aplicada al proyecto.

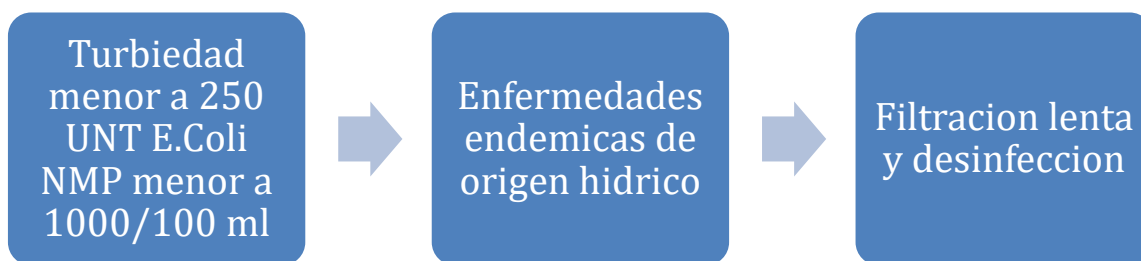


Figura 6 Esquema de selección de proceso

Fuente: Guía para el diseño de plantas de filtración lenta en el ámbito rural, CEPIS

Este manual de la CEPIS sirvió como referente para saber los principales componentes del agua y los aspectos que deben medirse así mismo el capítulo 3 fue el utilizado para definir las operaciones unitarias descritas en el marco conceptual por supuesto el manual desglosa dichas operaciones de manera adecuada y sirve de modelo para el diseño conceptual del sistema. A continuación, se adjuntan las tablas que se usaron como guía para la definición del método de tratamiento del recurso hídrico en cuestión.

Tabla 10 Límites de calidad del agua para filtración lenta

Procesos	Parámetros	90% del tiempo	80% del tiempo	esporádicamente
Filtro lento de arena (FLA) solamente	Turbiedad UNT	<= 50	<= 20	<= 100
	Color UC	<= 50	<= 40	
	Coliformes fecales /100 mL	<= 10.000		
FLA+ Pre filtro de grava (PG)	Turbiedad UNT	<= 100	<= 60	<= 150
	Color UC	<= 60	<= 40	
	Coliformes fecales /100 mL	<= 10.000		
Filtro lento + Pre filtro de grava + sedimentador	Turbiedad UNT	300	200	500
	Color UC	60	40	
	Coliformes fecales /100 mL	10.000		
	Turbiedad UNT	500	200	<=1000

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

Filtro lento + Pre filtro de grava + sedimentador + pre sedimentador	Color UC	60	40	
	Coliformes fecales /100 mL	10000		

Fuente: Adaptado por el autor

7.4.6 Soluciones individuales Titulo J, RAS y manual de tecnologías apropiadas para el abastecimiento de agua potable y saneamiento básico

- Vivienda rural dispersa no conectada a un acueducto:
La densidad de población rural es muy baja, con notoria dispersión de las viviendas y por lo tanto resulta antieconómico construir acueductos veredales, ya sea por gravedad o bombeo, pero sí se puede recurrir a soluciones individuales apropiadas, ya sea porque existe una fuente permanente de agua superficial cerca a la casa o una subterránea en las cuales se puede realizar medidas de desinfección caceras dependiendo de la calidad del agua del cuerpo en cuestión, otra opción es la captación de aguas lluvia si bien los otros cuerpos de agua son muy distantes o sus condiciones no son óptimas en este caso el agua se tratada con procesos de clarificación y desinfección caseros antes de consumirla.
- Captación de agua superficial como solución individual:
Esta solución es factible cuando hay acceso permanente a una fuente superficial cercana al hogar, la captación se puede hacer por gravedad o bombeo, lo recomendado para una captación por gravedad es una bocatoma lateral localizada en la orilla del rio la cual debe estar aislada de posibles fuentes de contaminación.
- Captación de agua subterránea como solución individual:
Esta se puede realizar de una manantial o nacedero, para ello se debe hacer limpieza del mismo y se debe construir una estructura que lo proteja. También se puede hacer la captación de aljibes.
- Captación de agua lluvia:
Esta solución es altamente viable ya que representa bajos costos, su calidad es óptima a diferencia de los otros cuerpos de agua y solo necesita de un proceso de desinfección, no implica tarifas para la comunidad mejorando su calidad de vida y puede ser construido por el mismo beneficiario.

7.5 Marco normativo

El presente numeral se desarrolló a partir de una concienzuda revisión de la normatividad vigente en cuanto al abastecimiento de agua potable. Los lineamientos a partir de los cuales se rigen los objetivos del proyecto se muestran en la siguiente matriz.

7.5.1 Matriz Legal

Tabla 11 Matriz Legal

NORMA	OBJETO	RELACIÓN
Decreto 2105 de 1983	“Por el cual se reglamenta parcialmente el Título II de la Ley 09 de 1979 en cuanto a Potabilización del Agua”	El artículo 5 dictamina que El diseño, construcción, operación y mantenimiento de los sistemas de suministro de agua, se sujetarán a las disposiciones que contiene el decreto.
Ley 99 de 1993	“Por la cual se crea el MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental -SINA y se dictan otras disposiciones”	El artículo 1 dictamino los principios generales ambientales entre los cuales se encuentra la utilización de los recursos hídricos, en el cual se especifica que el consumo humano tendrá prioridad sobre cualquier otro uso
Ley 373 de 1997	“Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua”	El artículo 1 dice que todo plan ambiental regional y municipal debe incorporar obligatoriamente un programa para el uso eficiente y ahorro del agua.
Decreto 475 de 1998	“Por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable”	Brinda las definiciones actualizadas con respeto a calidad del agua.
Plan de desarrollo Municipio de Útica 2004-2007	“Se generarán las bases para que el municipio sea a futuro modelo de desarrollo agropecuario y turístico, con un importante componente social y ecológico, que garantice el desarrollo cultural y económico de sus pobladores, constituyéndose como un polo de desarrollo regional, bajo los parámetros de crecimiento sostenible, ordenado y	El Plan de desarrollo tiene como principal objetivo la distribución eficiente de los recursos para la atención de las necesidades de la población, garantizando un desarrollo sostenible.

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

	equitativo mejorando la calidad de vida de sus habitantes.”	
Decreto 1575 de 2007	“Establecer el sistema para la protección y control de la calidad del agua, con el fin de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo, exceptuando el agua envasada”	El artículo 17 explica que Los procesos básicos del control y vigilancia para garantizar la calidad del agua para consumo humano incluyen la recolección de muestras de control y de vigilancia, el análisis e interpretación, el suministro y difusión de la información y su utilización en la orientación en salud pública o en actuaciones administrativas, según el caso.
Resolución 2115 de 2007	“Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano”	En el capítulo 2 la presente resolución indica las características físicas y químicas del agua para el consumo humano, en el capítulo 3 referencia las características microbiológicas y en los siguientes capítulos brinda una serie de instrumentos e instrucciones aplicables para el caso.
Resolución 82 de 2009	“Por medio de la cual se adoptan unos formularios para la práctica de visitas de inspección sanitaria a los sistemas de suministro de agua para consumo humano”	En el anexo 2 brinda algunas definiciones de tratabilidad del agua, y brinda el formulario para inspección sanitaria.
Conpes 3810 de 2014	“POLÍTICA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO EN LA ZONA RURAL”	Se habla acerca de la necesidad de aumentar el número de población beneficiada con acceso al suministro de agua potable y saneamiento básico.
Plan De Desarrollo Útica Cundinamarca 2012-2015	“Mejorar la armonía entre la Administración Municipal y la ciudadanía, mediante la generación de	Se establece la preocupación por la ausencia de agua potable en las veredas, se habla del

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

	convivencia para el progreso, con sostenibilidad poblacional y ambiental, con desarrollo social, económico y turístico que permitan lograr la reconstrucción de Útica, con la unidad y la contribución de todos sus habitantes.”	abastecimiento de agua con el que cuenta hasta ahora y el agua potable y saneamiento básico.
Decreto 1077 de 2015	“Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio”	El artículo 1.2.1.1 habla sobre la comisión de regulación de Agua Potable y saneamiento básico se refiere a la regulación de la prestación de los servicios básicos de saneamiento para la mejora de la calidad de vida. El artículo 2.2.2.1.2.1.3 se refiere al componente rural y en él se especifica que para la localización de vivienda se deben tener en cuenta la posibilidad de suministrar agua potable y se deben determinar los sistemas para lo mismo.
Decreto 0475 de 2015	“Por el cual se reglamenta el artículo 250 de la ley 1450 de 2011 y se dictan otras disposiciones”	El objeto del decreto planteado en el artículo 1 es establecer el mecanismo departamental para la evaluación y viabilización de proyectos del sector de agua potable y saneamiento básico a financiar con recursos que no provienen de la nación y se determinan los requisitos y procedimientos para la presentación, viabilizarían y aprobación de proyectos. El artículo 8 establece que los proyectos del sector agua potable y saneamiento básico se podrán presentar por los departamentos, municipios y distritos

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

		además podrán ser presentados ante el gestor del PAP – PDA quien lo remitirá al comité técnico de proyectos para su evaluación y viabilización.
Decreto ley 890 de 2017	“Por el cual se dictan disposiciones para la formulación del Plan Nacional de Construcción y Mejoramiento de Vivienda Social Rural”	El artículo 1 Formulación del plan nacional de construcción y mejoramiento de vivienda social rural habla sobre la promoción y aplicación de soluciones tecnológicas apropiadas para garantizar el acceso al agua potable y el manejo de aguas residuales.
Resolución 0330 de 2017	“Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) y se derogan las Resoluciones números 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009”	Reglamenta los requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de planeación, diseño, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo. En específico el título J del RAS que hace referencia en específico al sector rural y las Guías 4 y 8 que hablan sobre su aplicación.
Decreto 1090 de 2018	Por el cual se adiciona el Decreto número 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el Programa para el Uso Eficiente y Ahorro de Agua y se dictan otras disposiciones”	En el decreto se abarca el tema del uso eficiente del agua se dan los lineamientos aplicables para las autoridades ambientales.

Fuente: El autor

7.6 Marco Institucional

La Alcaldía Municipal de Útica presenta una planta de personal bastante limitada, aunque se compone de un esquema organizacional completo que se presenta a continuación, el cual tiene una cobertura aceptable según las condiciones y necesidades de la comunidad.

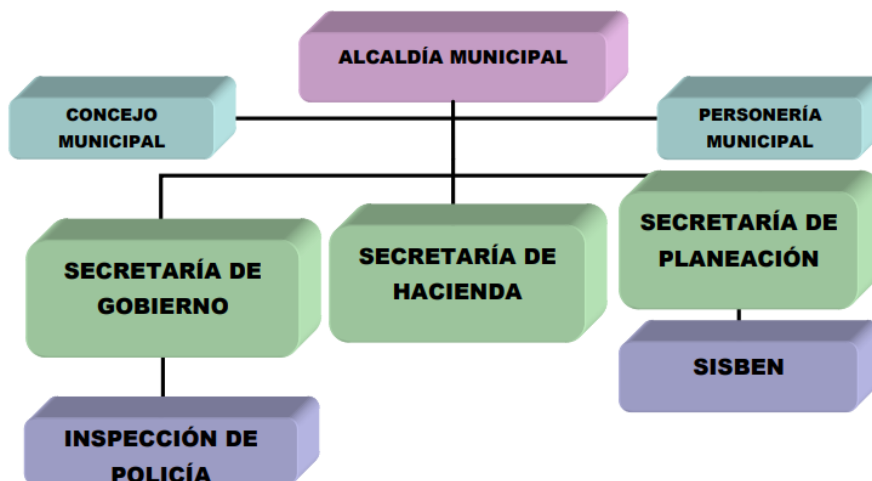


Figura 2 Organigrama Útica, Cundinamarca

Fuente: Plan de desarrollo municipal Útica 2012-2015

Evaluando el contexto general del municipio, la presencia de instituciones gubernamentales es baja.

A nivel municipal se vincula el trabajo de instituciones que atienden diferentes sectores, donde el accionar de las diferentes entidades debe ser coordinado por el municipio, evitando duplicidad de trabajos, gastos innecesarios, confusión de la población, etc. Según la encuesta realizada, el organismo que más interviene en las actividades productivas es la UMATA, en más baja proporción la Asociación de Paneleros y la de Ganaderos, además la CAR, el SENA y el ICBF (Hernandez, 2012).

8 Desarrollo metodológico

El enfoque metodológico de este proyecto se define como cuantitativo ya que es una investigación plenamente objetiva que se basa en la recolección de datos, dichos datos, muestras u objetos de análisis no han sido alterados por la investigadora.

Este proyecto confirma el método de potabilización del agua que se debe llevar a cabo en una zona rural para poblaciones pequeñas, para probar las teorías en las que se basa.

Se usa preferentemente información cuantificable principalmente de tipo numérico ya que se requieren los parámetros de calidad de agua a tratar además de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua. Las técnicas que se usan son cuantitativas puesto que arrojan valores numéricos, como lo son la dureza cálcica, oxígeno disuelto, coliformes totales, etc. (Sampieri, 2014).

Por supuesto los métodos de potabilización existentes son diversos y por lo tanto no se realizará la misma metodología en todos los casos, las propuestas de potabilización variarían con el tiempo, condiciones climáticas, calidad del agua, demografía, geografía, etc. Lo cual implica que el estudio tenga una orientación interdisciplinaria y siendo así el alcance de la investigación es correlacional además de explorativo.

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

Primeramente, habiendo especificado ya algunas de las variables que se tienen en cuenta para esta investigación, se aclara que este proyecto es correlacional ya que se basa en la relación que tienen dichas variables en el problema propuesto es decir se tiene en cuenta tanto la población como la zona en donde se ubica dicha población, así como el estado del cuerpo de agua que se elija como punto de estudio. Por otro lado, este proyecto tiene además un alcance exploratorio debido a que la literatura revelo que hasta el momento no hay registros de un proyecto de potabilización del agua en la vereda Zumbe ubicada en Utica, Cundinamarca (Sampieri, 2014).

El método de investigación es el deductivo que va de la mano con el enfoque cuantitativo, la presente investigación probará que el método de potabilización sirve en una vereda sabiendo que funciona en lugares más grandes, y este se podrá replicar ya que permite trasladarse de lo particular a lo general es decir que se podrá aplicar en otras zonas o veredas con ajustes sirviendo de guía.

8.1 Matriz Metodológica.

Tabla 12 Variables

Dimensión	Variable	Aspecto	Indicador/descriptor	Técnica
Ecológico	Recurso hídrico	Cantidad	Caudales de diseño	Mediciones en campo
		Calidad	Dosis optima de coagulante Turbiedad Color pH Solidos sedimentables Conductividad DQO Alcalinidad Dureza Hierro total Molibdeno Magnesio Manganeso Zinc Sulfatos Cloruros Fosfatos	Trabajo de laboratorio para análisis fisicoquímico y microbiológico del agua cruda y tratada
Económico	Soluciones individuales o colectivas	Costo de las soluciones	Dinero invertido en la solución	Cotizaciones
	Costos soluciones			Comparación
Social	Población	Censos poblacionales	Población actual	Trabajo de campo
	Actividades económicas	Uso domestico	Población proyectada	Encuestas semiestructuradas
			Usos del suelo	

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

	Vías de acceso	Producción agropecuaria		Entrevistas
	Servicios de agua potable y saneamiento	Producción panelera		
	Nivel de ingresos			
	Centros educativos			
	Usos del agua			

Fuente: El autor

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbé ubicada en Útica, Cundinamarca.

Tabla 13 Matriz metodológica

OBJETIVO		ACTIVIDADES	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	RESULTADOS ESPERADOS
GENERAL	ESPECÍFICOS				
Proponer un sistema de potabilización del agua la vereda Zumbé ubicada en Útica, Cundinamarca	Elaborar un diagnóstico de la zona a trabajar, para seleccionar los requerimientos del método que se desee aplicar.	Visitar la vereda e interactuar con los habitantes	Trabajo de campo	Encuestas	Conocer la zona de estudio e interactuar con sus habitantes para acercarse a sus necesidades en agua potable
				Entrevistas	
				Fotografías	
				Videos	
		Conocer las actividades económicas de la vereda	Entrevistas y encuestas	Encuestas	Saber cuestiones relacionadas con las actividades económicas y sociales de la vereda
				Entrevistas	
Proponer un sistema de potabilización del agua la vereda Zumbé ubicada en Útica, Cundinamarca		Determinar los problemas asociados a la falta de suministro de agua potable	Entrevistas y encuestas	Encuestas	Establecer las necesidades de implementar una solución para el agua potable de la vereda
				Entrevistas	
		Determinar si hay soluciones existentes	Revisión documental	Encuestas	Trabajo de campo
				Entrevistas	
				Fotografías	
			Recorridos por la vereda	Videos	Encuestas y entrevistas
Proponer un sistema de potabilización del agua la vereda Zumbé ubicada en Útica, Cundinamarca		Determinar la población de la vereda.	Encuestas	Modelos matemáticos	Conocer la población actual y la población proyectadas para el horizonte de diseño
				Encuestas y entrevistas	
			Recorridos		
			Modelos matemáticos		

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

		Visualizar las posibles fuentes de abastecimiento	Revisión documental instrumentos de planeación y planificación Entrevistas Trabajo de campo	Equipos de medición Consulta bibliográfica Entrevistas Encuestas	Determinar las fuentes de agua cruda con mejores condiciones para abastecer el sistema
		Consultar acerca de la percepción sobre soluciones colectivas o individuales	Trabajo de campo	Entrevistas Encuestas	Conocer la percepción frente a la capacidad de organización de los habitantes
	● Seleccionar el cuerpo de agua más adecuado para abastecer a la población escogida y definir el método de potabilización más apropiado.	Determinar el caudal requerido para la solución	Análisis documental. Mediciones en campo	Revisión bibliográfica Ecuaciones matemáticas	Determinar el caudal requerido para abastecer a la población y elegir la fuente de agua cruda que cuente con las mejores características de calidad, cercanía, facilidad de tratamiento y disponibilidad
		Verificar cuál de las fuentes de agua disponibles cumple con el caudal requerido.	Pruebas de laboratorio: Determinar los parámetros a medir	Análisis fisicoquímico y microbiológico del agua	
		Caracterizar las fuentes que cumplan con el caudal de diseño.			
		Comparar los resultados y seleccionar el cuerpo		Análisis, comparación y reporte	

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbé ubicada en Útica, Cundinamarca.

		de agua de mejores características.			
			Pruebas de laboratorio para caracterizar y test de jarras.	Instrumentos y equipos de laboratorio	
		Seleccionar el método de tratamiento.	Análisis documental	Consulta bibliográfica	
				Análisis y comparación	
	● Diseñar conceptualmente el sistema para la potabilización del agua.	Recopilación los resultados obtenidos en las actividades anteriormente propuestas.	Análisis documental	Revisión bibliográfica	Generar una propuesta valida que sea acogida positivamente por la población.
		Dimensionamiento conceptual del sistema	Cálculos de dimensionamiento	Cálculos Análisis comparación y reporte	

Fuente: El autor

La metodología se desglosa gráficamente en la Figura 4, en donde se dividen por colores las actividades que se deben llevar a cabo por cada objetivo propuesto siendo entonces el color azul el correspondiente a las actividades del objetivo 1, el color verde las actividades del objetivo 2 y el naranja las correspondientes al objetivo 3, para llevar finalmente al recuadro rojo pastel que es el resultado esperado.

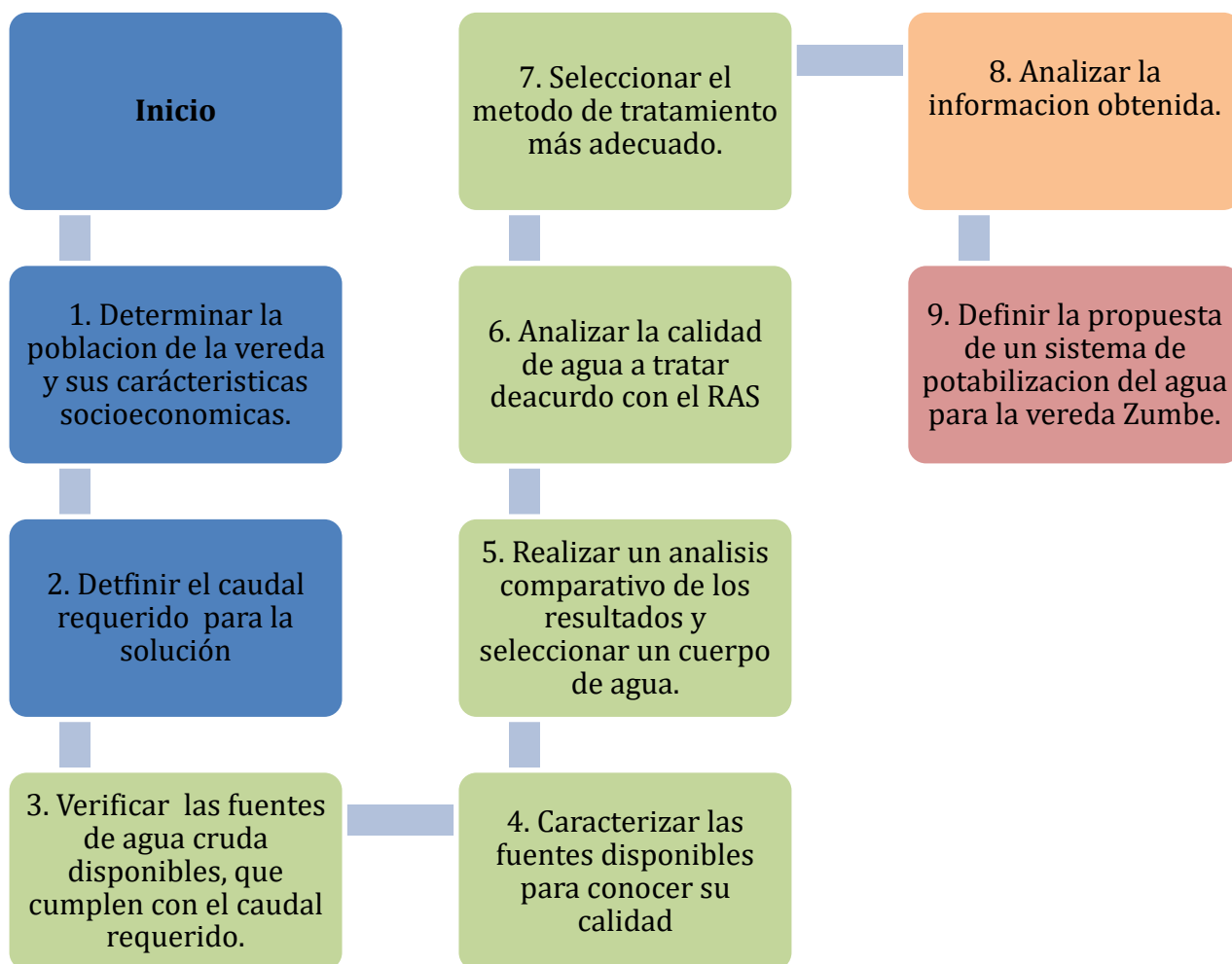


Figura 7 Esquema metodológico

Fuente: El autor

9 Resultados y análisis

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en cada actividad propuesta por cada uno de los objetivos específicos que se plantearon al iniciar el proyecto.

9.1 Resultados objetivo específico 1

Este numeral muestra cómo con ayuda del título J del RAS y algunas actualizaciones realizadas en el 2017 se logró determinar la población de la vereda y el caudal requerido para así cumplir con la elaboración de un diagnóstico de la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca. Además, con ayuda de las entrevistas realizadas en la vereda y el trabajo de campo se logró una caracterización más cercana de la población.

9.1.1 Descripción socioeconómica.

- *Aspectos Urbanísticos*

La mayoría de habitantes cuentan con viviendas de una sola planta, construidas en bloque y tejas de zinc en su mayoría las casas son amplias con más de 2 habitaciones, cuentan con baños y con servicio de pozo séptico. Algunas de las viviendas son hechas en barro o lata y no cuentan baños, el porcentaje de viviendas en este estado es bajo de 10%- 5%. En la actualidad hay 22 casas aproximadamente en la vereda, la mayoría son propietarios.

- *Servicios Públicos*

El 100% de la población no cuenta con acceso al agua potable, tienen fuentes de agua cercanas, pero no requiere que sean tratadas para hacerlas aptas para consumo. No cuentan con servicio de alcantarillado y mucho menos con planta de tratamiento de aguas residuales; además no cuentan con un plan de gestión de residuos sólidos. Tienen servicio eléctrico intermitente dependiendo del clima, algunos cuentan con estufas de cilindro de gas, pero en su mayoría cocinan con leña.

El abastecimiento de agua se realiza de aljibes, almacenamiento de aguas lluvia, agua embotellada y el Rio Zumbe. No se tiene un procedimiento de potabilización del agua como medida de prevención los habitantes hierven el agua y prefieren hacer uso del agua de lluvia, aunque para las temporadas de Verano en que la lluvia escasea los habitantes tienen conectadas mangueras a la quebrada Malguata para provisión.

- *Vías de Acceso*

Para llegar a Zumbe se debe hacer un recorrido de 20 Km desde Utica, todo el tramo se recorre por carretera destapada donde el sistema vial está muy poco fortalecido, el ancho de la calzada es de 6 m no cuenta con señalización y no se le hace mantenimiento preventivo.

- *Condiciones Socioeconómicas*

Los habitantes de la vereda Zumbe utilizan la comercialización de productos agrícolas como principal medio económico de subsistir, el primer producto comercializado es la panela la cual mantiene una oferta estable todo el año, la mayor parte de la oferta se da a Bogotá y la otra parte a Villeta y la Palma. Para la producción de panela no se necesita agua, todo el recurso liquido proviene del jugo que se obtiene de la caña al ser pasada por el trapiche, por lo tanto, en este proceso no se consume agua sino para el lavado de los equipos e instalaciones.

La comercialización se realiza los días domingos en el pueblo. Son pocos los paneleros que poseen la tierra, la mayoría de habitantes que trabajan en esta comercialización lo hacen como mano de obra o jornaleros es decir en las moliendas para realizar el producto y ayudando a cargarlo, la gran parte de hombres de familia son jornaleros que viven de hacer trabajos del campo en especial en los trapiches paneleros.

Las cosechas de maíz también brindan un buen sustento para la población, al comercializarlo y al recoger las cosechas. La población también recibe ingresos de realizar cortes de pasto, cuidar el ganado y los caballos además por su parte las mujeres se ganan el sustento realizando las tareas diarias en diferentes hogares y cocinando en días de molienda para los jornaleros, esta vereda es de estrato 1.

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

- *Educación*

La vereda cuenta con una escuela rural en la cual estudian 6 niños de diferentes cursos, se dictan clases de primero a quinto grado por un único profesor. El grado de analfabetismo no es alto se da en su mayoría en los pobladores que pertenecen a la tercera edad.

- *Uso de suelos*

Los suelos en la vereda Zumbe son de tipo franco arcillosos moderadamente profundos y cuentan con una pendiente mayor a 25%, en la parte alta son altamente escarpados y en la parte baja fuertemente ondulados, con presencia de erosión moderada. Sus cultivos son el maíz, la caña panelera y pastos naturales. El suelo se usa en su mayoría para cultivos y para ganadería (PGR, 2012).

- *Estudio de la oferta de agua.*

La vereda Zumbe se abastece del Rio Zumbe que es un cuerpo de agua que la atraviesa, este no se seca en épocas de invierno y su agua se clarifica con facilidad, en épocas de invierno el cuerpo de agua crece y al agua se torna turbia, es por ello que el agua de consumo en la vereda en época de invierno es netamente de la recolección de lluvia resaltando que en todas las casas tienen instalados los sistemas de canaletas y tanques de almacenamiento para cosechar un buen volumen de agua.

También se cuenta con la una quebrada la Malguata cuyo recurso hídrico es cristalino y del cual se fían más las personas para beber de ella en época de verano cuando el agua de lluvia es escasa, debido a sus propiedades visuales les genera mayor confianza puesto que es muy cristalina y no genera olores, además no mancha la ropa, es un cuerpo de agua que tampoco se seca en época de sequía y desemboca en el rio Zumbe en jurisdicción del municipio de La Palma.

El rio Zumbe hace parte de la subcuenta del rio Patá el cual a su vez hace parte de la cuenca del Rio Negro, este cuerpo de agua se encuentra a 661 m.s.n.m (Rojas, 2011) Los cuerpos de agua como el río Zumbe y la quebrada la Malguata no se encontraron en POMCAS de la región por lo tanto el caudal para cada uno se midió en campo determinando el caudal de la Quebrada Malguata es de 940.909 L/s y el del rio es de 2531.2 L/s en invierno.

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

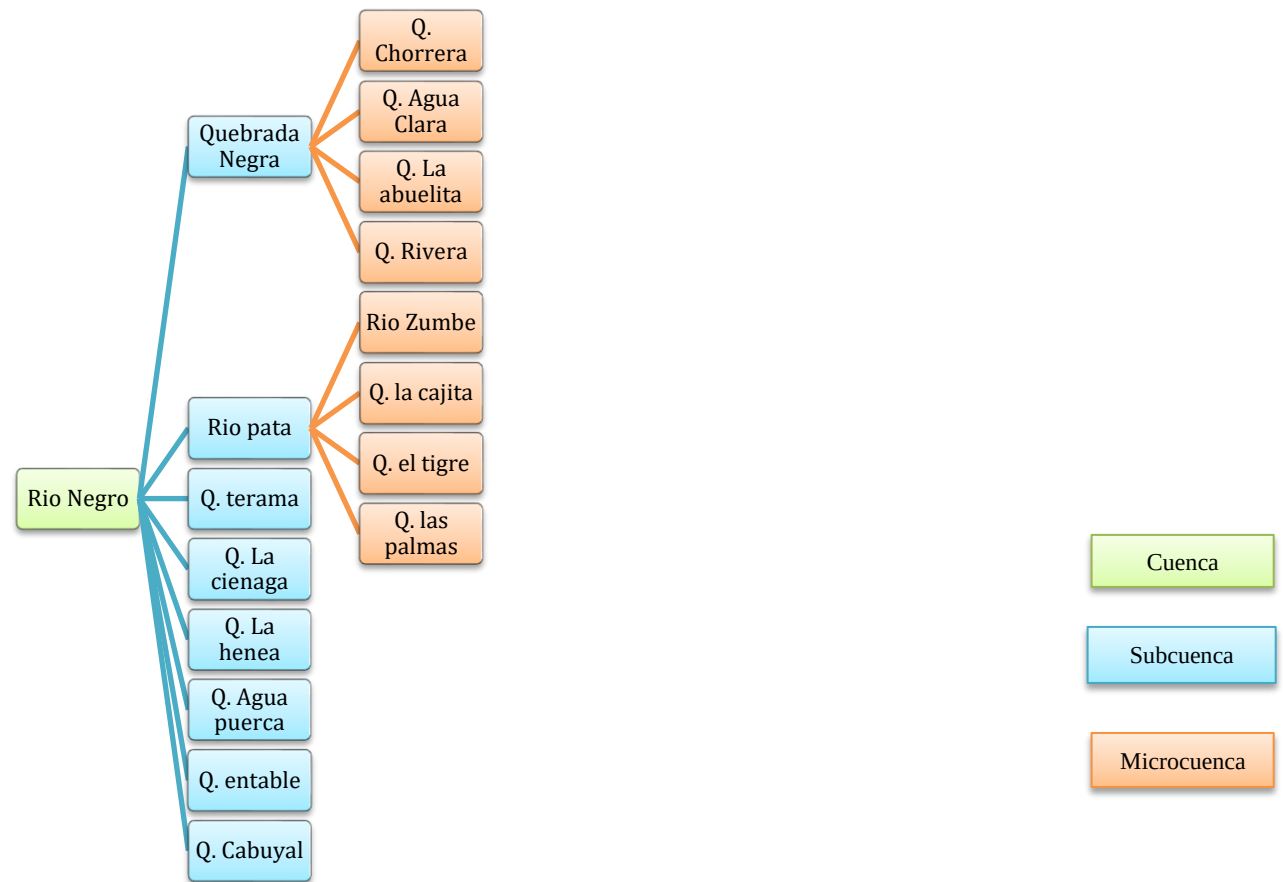


Figura 8 Esquema de hidrografía

Fuente. El autor

9.1.2 Definición de la población, periodo de diseño y caudales de diseño

- *Periodo de diseño*

El proyecto se diseña para un periodo de 25 años atendiendo a lo establecido en el RAS 2017

- *Estimación de la población*

La vereda Zumbe se extiende por Útica, La Palma, Caparrapí y La Peña en su vasta extensión registro para el año 1996 una población total de 230 habitantes (*Tiempo, 1996*) para el año 2004 la población total fue de 304 habitantes según el plan de desarrollo municipal de Útica 2004-2007 (*Donato, 2004*). Debido a que los datos encontrados teóricamente fueron muy antiguos y se tomaba la vereda en su extensión intermunicipal, con la ayuda de la profesora Sandra Patricia Rico Cáceres se recolectó información de la población actual de la vereda Zumbe jurisdicción de Útica y se organizó de la siguiente manera.

Tabla 14 Población vereda Zumbe, Útica

FAMILIA	NIÑOS/ AS (0-6 AÑOS)		NIÑOS /AS 7- 11 AÑOS)		ADOL ESCEN TES (12-17 AÑOS)		JÓVE NES (18,28 AÑO S)		ADULT OS (28- 60 AÑOS)		ADULT OS MAYOR ES (61 Y MÁS)		CONDICIÓN DE DISCAPAC IDAD	
	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M
JAIRO BOLAÑOS									1		1	1		
MARIA LUISA ROMERO									1			1		
SILVINO FLOREZ									1				1	
RAMÓN MAHECHA											1			
EDRAS GUERRERO						1	1		1	1				
ERALDO GUERRERO	1								1	1				
NUBIA CACERES									1	1				
ADELAIDA					1				1			1		
ELOINA ZARATE									1	1				
MARIA FENIX				1			1		3	2				
SANDRA RICO				1	1					1				
ALCIDES MONTERO				1					3		1	1		

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

FAMILIA	NIÑOS/ AS (0-6 AÑOS)		NIÑOS /AS 7- 11 AÑOS)		ADOL ESCEN TES (12-17 AÑOS)		JÓVE NES (18.28 AÑO S)		ADULT OS (28- 60 AÑOS)		ADULT OS MAYOR ES (61 Y MÁS)		CONDICIÓN DE DISCAPACIDAD	
	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M
HECTOR JULIO MAECHA											1			
RAÚL RICO										1	1			
MARCO ROMERO											1	1		
NOEL GALINDO											1	1		
CARMENZA PEREZ				1	1				1			1		
LEIDY TRIANA			1		2				1	1				
ADOLFO		1					1	1						
YOLANDA CIFUENTES			1						3	1				
DANIEL GARZON									1					
VICTOR							1		1					
SANDRA NIETO		2			2				1	1				
DORA ZARATE									1	1				
TOTAL	1	3	2	4	7	1	4	1	23	12	7	7	1	

Fuente: Profesora Sandra Rico

Sumatoria = 73 habitantes

En la zona rural se distinguen dos clases de asentamiento los centros poblados y las poblaciones dispersas, en el caso aplicado estamos frente a una población dispersa ya que las fincas y viviendas se encuentran separadas unas de otras por áreas cultivadas, potreros, carreteras y caminos (*RAS, Titulo J Alternativas Tecnológicas en Agua y Saneamiento para el Sector Rural, 2010*).

La población registrada para el área de la vereda Zumbe perteneciente a Útica fue de 100 habitantes, el último año de registro población realizado por el SISBEN fue en el 2012 y la población era de 136 habitantes 56 mujeres y 80 hombres (*Hernandez, 2012*), el área promedio de Zumbe es de 29,12 Ha es decir 0,2912 Km² (*Sierra, 2004*).

Por ello lo que se debe plantear es una solución individual, debido a que la densidad de población es baja resulta más costoso implementar una solución colectiva, además con las encuestas realizadas la población concordó en que era mejor para ellos teniendo en cuenta su economía, la dispersión y geografía plantear soluciones individuales.

- **Población Futura**

Dado que la información censal disponible no es confiable y la aplicación de otros métodos como el geométrico o el exponencial arrojarán resultados alejados de la realidad de crecimiento de la población en la vereda (RAS,2000) y que las zonas rurales aunque parecidas son disimiles en su crecimiento demográfico, se optó por se calcula la proyección de la población con base en trabajo de campo soportado en entrevistas a personas que conocen muy bien la vereda y han vivido más de 20 años en ella, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 15 Registro de cambio poblacional

2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
148	145	130	136	125	90	92	93	99	100

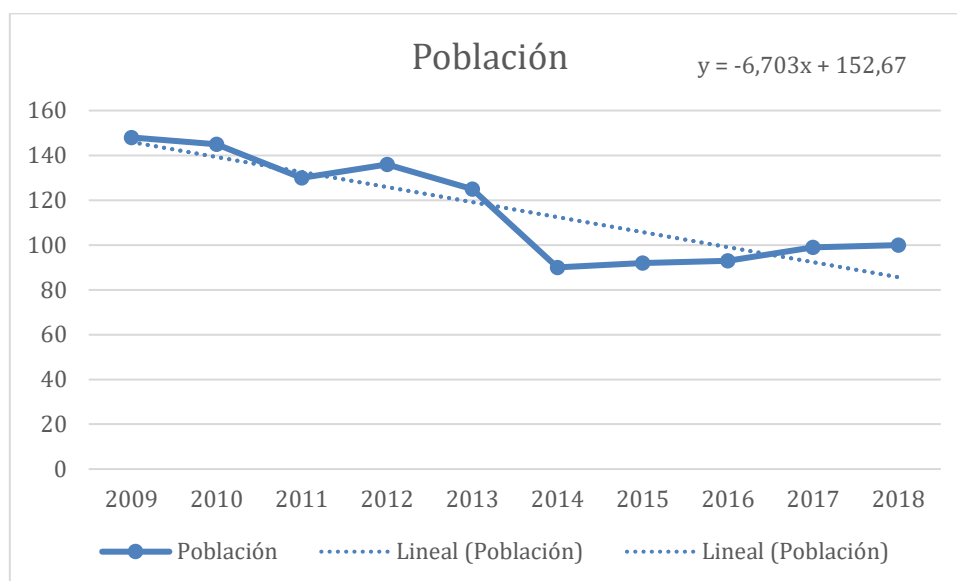


Figura 3 Grafica de comportamiento poblacional de Zumbe

El crecimiento poblacional que se obtiene de la ecuación que representa la anterior grafica es negativo dado que se pasó de una población de 18 personas en 2009 a 100 en 2018, lo que equivales a un decrecimiento muy grande, del 50,5 %: Así que se plantea la gráfica a partir del año de crecimiento 2014 y hallar la ecuación de la recta como se muestra a continuación.

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

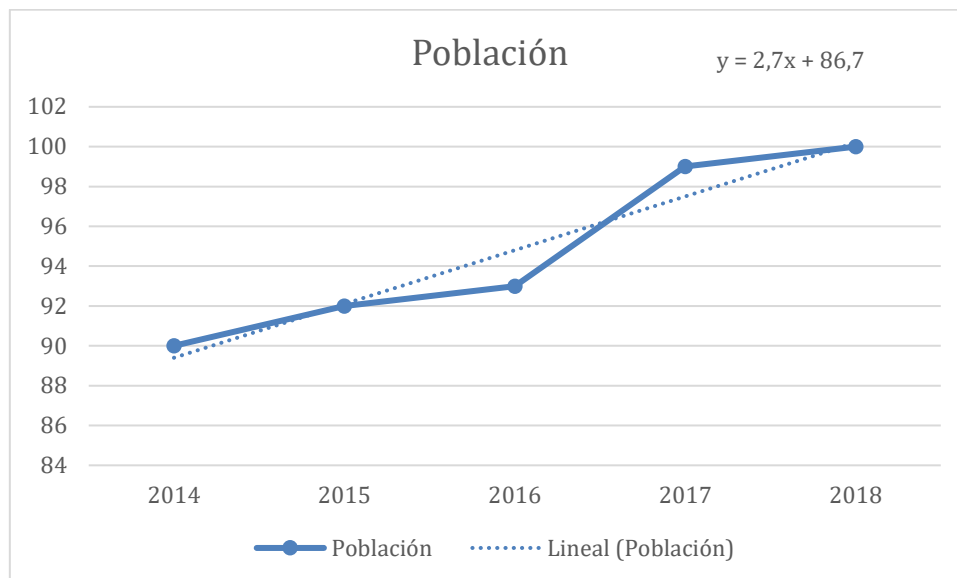


Figura 4 Crecimiento poblacional a partir de 2014

A partir de la ecuación obtenida se calcula que la población para el 2043 será de **725 hab.**

La población que se obtuvo primeramente de la población fue de 100 personas, pero en la visita que se hizo en octubre a pocos días de la entrega del proyecto fue de 73 lo cual demuestra el decaimiento rápido de la población. Se decidió rehacer los cálculos con las 73 personas de octubre.

La población obtenida es un número bastante alto el cual conociendo el comportamiento poblacional de la vereda no se cumplirá, además el comportamiento poblacional en las zonas rurales es bastante cambiante, se toma como población futura 116 habitantes basándonos en los datos aproximados dados por los habitantes de la vereda ya que la ecuación no aplica y no brinda un dato congruente con lo vivido en el lugar, al parecer, las proyecciones matemáticas no funcionan bien en las zonas rurales puesto que estas en su mayoría tienden a decrecer.

Tabla 16 Resumen de la Población

Cuadro resumen de la población	
Población actual	73
Población futura	116

Fuente: El autor

- *Uso del agua*

El uso de agua para el cual se genera este proyecto es netamente residencial de consumo y la dotación se calcula para esta condición.

- *Dotación neta*

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

La dotación neta se halla teniendo en cuenta la actualización hecha al RAS para el 2017 en la cual se incluye la altura del lugar estudiado, de la siguiente manera.

Tabla 17 Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar

Altura promedio sobre el nivel del mar de la zona atendida	Dotación neta máxima (L/HAB*DÍA)
> 2000 m s. n. m.	120
1000 – 2000 m s. n. m.	130
< 1000 m s. n. m.	140

Fuente: RAS 2017

Zumbe se encuentra a 1200 msnm, por lo tanto la dotación neta máxima es de 130 L/Hab*día.

- *Perdidas*

Se toma un valor de pérdidas del 25 % ya que es el máximo permisible según el RAS.

- *Dotación bruta*

La dotación bruta se calcula siguiendo los lineamientos del título B del RAS a partir de la siguiente fórmula.

$$d_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \%P}$$

Donde

%P = porcentaje de pérdidas

d_{neta}= Dotación neta (L/hab*día)

d_{bruta}= Dotación bruta (L/hab*día)

$$d_{bruta} = \frac{130}{1 - 0.25}$$

$$d_{bruta} = 173.33 \frac{L}{hab} * dia$$

- *Demanda*

Caudal medio Diario

Corresponde al promedio de los consumos diarios de caudal en un período de un año, proyectado al horizonte de diseño, el cual debe calcularse utilizando la siguiente ecuación:

$$Q_{md} = \frac{p * d_{bruta}}{86400}$$

Donde p = población futura

D_{bruta} = Dotación bruta (L/hab*día)

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

$$Q_{md} = \frac{116 \text{ hab} * 173.33 \frac{L}{\text{hab}} * \text{dia}}{86400}$$

$$\mathbf{Q_{md} = 0.232 L/s}$$

Caudal máximo diario

Corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas a lo largo de un período de un año. Se calcula multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario, k_1 o factor de mayoración para poblaciones menores o iguales a 12.500 habitantes, como se indica en la siguiente ecuación:

$$QMD = Qmd * k_1$$

Donde

$Q.M.D$ =Caudal Máximo Diario ($\frac{m^3}{\text{día}}$)

k =Factor de mayoración. Para poblaciones menores o iguales a 12.500 habitantes, al periodo de diseño, el factor no puede ser superior a 1,3

$q.m.d$ =Caudal medio diario ($\frac{m^3}{\text{día}}$)

$$QMD = 0.232 \frac{L}{s} * 1.3$$

$$\mathbf{QMD = 0.302 \frac{L}{s}}$$

Caudal máximo horario

Corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año sin tener en cuenta el caudal de incendio. Se calcula como el caudal máximo diario multiplicado por el coeficiente de consumo máximo horario, k_2 , según la siguiente ecuación:

$$QMH = QMD * K_2$$

Donde

$Q.M.D$: Caudal Máximo Diario ($\frac{m^3}{\text{día}}$)

$Q.M.H$ =Caudal máximo horario

K_2 = coeficiente de consumo máximo horario es 1,3 para un nivel de complejidad bajo.

$$QMH = 0.302 \frac{L}{s} * 1.3$$

$$\mathbf{QMH = 0.3926 L/s}$$

Tabla 18 Resumen caudales

Cuadro resumen de caudales		
Qmd (L/s)	QMD (L/s)	QMH (L/s)

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

0.232	0.302	0.3926
--------------	-------	--------

Fuente: El autor

Caudal de diseño

Los caudales de diseño se brindan por el RAS 2017 en la siguiente tabla

Tabla 19 Caudales de diseño

Componente	Caudal de Diseño	Caudal de Diseño
Captación fuente superficial	Hasta 2 veces QMD	0.604
Captación fuente subterránea	QMD	0.302
Desarenador	QMD	0.302
Aducción	QMD	0.302
Conducción	QMD	0.302
Tanque	QMD	0.302
Red de distribución	QMH	0.3926

Fuente: RAS 2017

Según esta información el caudal de diseño para cual sea la fuente de captación seleccionada al ser superficial es de 0,604 L/s para la captación y de 0,302 para las demás unidades, lo que equivale a un sistema realmente pequeño, justificando aún más una solución individual.

9.2 Resultados objetivo específico 2

El presente numeral muestra cómo se realizó la verificación de cuales cuerpo de agua disponibles cumplen con el caudal requerido, la caracterización de las fuentes de agua que cumplan con el caudal requerido, la comparación a partir de parámetros básicos entre las fuentes y la elección de la más óptima para una caracterización más ardua y a partir de dichos resultados seleccionar el tipo de tratamiento más recomendado.

En concordancia con lo planteado en la Guía metodológica para la formulación y diseño de sistemas de acueducto rurales se identificaron en forma general las alternativas posibles de fuentes de agua en el *Estudio de la oferta de agua* realizado en el anterior numeral

9.2.1 Medida del caudal de las fuentes de agua disponibles

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

Para medir el caudal de los cuerpos de agua se utilizó el método área-velocidad o flotadores, usando como guía el manual piragüero para medición de caudal de Corantioquia (Corantioquia, 2014)

1. Se seleccionó un lugar adecuado para medir el caudal, es decir, un tramo uniforme y recto.
2. Se eligió un punto inicial A y uno final B
3. Se midió la velocidad del cuerpo del agua tomando el tiempo que le toma a un objeto flotante llegar del punto A al punto B (Mínimo 10 mediciones y tomar un promedio) y se hizo uso de la siguiente formula.

$$V = \frac{\text{Distancia (m)}}{\text{Tiempo(s)}}$$

4. Se midió el área de la sección, se midió en ancho superficial, se dividió el ancho en partes iguales, se calculó el área por cada parte y se realizó la sumatoria.

- *Caudal Q. Malguata*

La sección en la que se midió el caudal de la quebrada Malguata se aprecia en la ilustración 8.



Figura 5 Q.Malguata

Fuente: El autor

Se seleccionó un punto inicial A y un punto final B como se muestra en la ilustración 9

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.



Figura 6 Sección del caudal

Fuente: El autor

La longitud de la sección es decir la distancia entre el punto A y el punto B fue de **5.50 m**. Se determinó cuanto tiempo le llevaba a un objeto flotante recorrer esta longitud, el procedimiento se realizó 10 veces los resultados se aprecian en la siguiente tabla.

Tabla 20 tiempos de recorrido en la quebrada

Tiempo (s)	
t₁	6.3
t₂	8.8
t₃	5.4
t₄	4.9
t₅	5.6
t₆	6.2
t₇	8.2
t₈	5.3
t₉	7.6
t₁₀	8.2

Fuente: El autor

El promedio de tiempo que se demora un objeto flotante en recorrer una distancia de 5.5m es de **6.65 s**.

Se procedió a hallar la velocidad con la ecuación planteada en el procedimiento

$$V = \frac{5.5 \text{ m}}{6.65 \text{ s}}$$

$$V = 0.82 \text{ m/s}$$

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

Calculada la velocidad se halló el área de la sección, la sección midió 3.16 m y se dividió en 6 fajas cada faja con una medida de 53 cm y se procedió a medir la profundidad de cada faja, los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 21 Profundidades en la Quebrada

Profundidad (cm)	
f₁	13
f₂	34
f₃	54
f₄	43
f₅	25
f₆	19

Fuente: El autor

Se halló el área de cada faja los resultados se muestran en la siguiente tabla

Tabla 22 Áreas de la quebrada

Área (cm ²)	
f₁	344.5
f₂	1802
f₃	2862
f₄	2862
f₅	2279
f₆	1325

Fuente: El autor

El área total fue de 11474,5 cm² es decir 1.14745 m²

Remplazando en la ecuación

$$Q = A * V$$

Donde

Q= Caudal

A= Area

V= Velocidad

$$Q = 1.14745 \text{ m}^2 * 0.82 \text{ m/s}$$

$$Q = 0.94 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se determinó que el caudal de la quebrada es aproximadamente 941 L/s, permitiendo la toma del caudal de captación de 1L/s que equivale a apenas al 0,1 % del caudal de la fuente

- *Caudal Rio Zumbe*

La sección en la que se midió el caudal del Rio zumbe se aprecia en la ilustración 10.

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.



Figura 7 Rio Zumbe

Fuente: El autor



Figura 8 Medición de longitud

Fuente: Andrés Rico

Se realizó el mismo procedimiento ejecutado en la quebrada.

La longitud entre los dos puntos seleccionados de la sección fue de **10 m.**

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

Se determinó cuanto tiempo le llevaba a un objeto flotante recorrer esta longitud, el procedimiento se realizó 10 veces los resultados se aprecian en la siguiente tabla.

Tabla 23 Tiempos en el rio zumbe

Tiempo (s)	
t₁	16.2
t₂	9.2
t₃	9.7
t₄	10.3
t₅	9.2
t₆	15.1
t₇	9.5
t₈	9.5
t₉	8.2
t₁₀	11.12

Fuente: El autor

El promedio de tiempo que se demora un objeto flotante en recorrer una distancia de 10 m es de **10.802 s.**

Se procedió a hallar la velocidad con la ecuación planteada en el procedimiento

$$V = \frac{10 \text{ m}}{10.802 \text{ s}}$$

$$V = 0.926 \text{ m/s}$$

Calculada la velocidad se halló el área de la sección, la sección midió 6.65 m y se dividió en 6 fajas cada faja con una medida de 1.1 m y se procedió a medir la profundidad de cada faja, los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 24 Profundidades en el Rio Zumbe

Profundidad (cm)	
f₁	15
f₂	26
f₃	36
f₄	43
f₅	68
f₆	57

Fuente: El autor

Se halló el área de cada faja los resultados se muestran en la siguiente tabla

Tabla 25 Áreas Rio Zumbe

Área (cm ²)	
f₁	825
f₂	2860

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

f₃	3960
f₄	4730
f₅	7480
f₆	7480

Fuente: El autor

El área total fue de 27335 cm² es decir 2.7335 m²

Remplazando en la ecuación

$$Q = A * V$$

$$Q = 2.7335 \text{ m}^2 * 0.926 \text{ m/s}$$

$$Q = 2.531 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se determinó que el caudal de la quebrada es de **2531.2 L/s** permitiendo la toma del caudal de captación de 1L/s que equivale a apenas al 0,04 % del caudal de la fuente.

Las dos fuentes pueden proveer fácilmente el sistema ya que los porcentajes de captación son muy bajos y no afectarían el caudal ecológico.

9.2.2 Muestreos de agua para estudios de calidad del agua cruda

El muestreo se realizó con una cadena de custodia rigurosa, haciendo uso de los conservantes recomendados para cada parámetro y la refrigeración sugerida. Se tomaron muestras de agua de los 2 cuerpos de agua opcionados para el proceso de tratabilidad con el fin de verificar la calidad de los mismos, compararlos, seleccionar uno de ellos y determinar el tipo de tratamiento que se debe implementar para cumplir con las normas de calidad de agua potable.

- *Caracterización del agua cruda*

A continuación, se enuncian las características que se tomaron del agua cruda in situ tanto de la Q. Malguata como del Río Zumbe en 3 ocasiones diferentes para cubrir las épocas de verano e invierno, las muestras 1 y 2 fueron tomadas en verano y la muestra 3 en invierno.

Tabla 26 Parámetros medidos in situ

Parámetros	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3	
	Q. Malguata	Río Zumbe	Q. Malguata	Río Zumbe	Q. Malguata	Río Zumbe
pH	6.97	7.67	7.3	7.69	7.1	7.4
T °C	12	15	16	18	17	14

Fuente: El autor

Los dos cuerpos de agua tienen un pH que tiende al neutro, además las temperaturas de agua no son muy altas.

En el laboratorio se midieron turbiedad, color real y color aparente a los dos cuerpos de agua en las 3 diferentes muestras

Tabla 27 Parámetros de comparación medidos en laboratorio

Parámetros	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3	
	Q. Malguata	Río Zumbe	Q. Malguata	Río Zumbe	Q. Malguata	Río Zumbe
Turbiedad (NTU)	31	21.5	164.8	86.1	18	140
Color aparente (PCU)	197	129	375	500	31	500

Los dos cuerpos de agua cumplen con el caudal requerido para abastecer a la población, la quebrada tiende a ser más turbia que el río en verano pero en invierno el río es mucho más turbio con una turbiedad de 140 NTU, en cuanto al calor aparente se resalta que la muestra 1 tomada en verano la quebrada tiene un color aparente mayor que el río pero en la muestra 2 también tomada en verano el color aparente de la quebrada es menor a la del río y en la muestra 3 tomada en invierno el color aparente del río (500 PCU) es mayor por mucho al de la quebrada con (31 PCU) por lo tanto los datos de color aparente no fueron concluyentes y es necesario conocer las dinámicas de las dos fuentes para determinar o que puede ocasionar estas variaciones de color.

Se realizó un cuarto muestreo en invierno y a estas muestras se les determinaron los parámetros que indica la resolución 330 de 2017 (RAS) En su artículo 105, para obtener una comparación más rigurosa para la época del año más extrema donde el sistema sería más exigido.

Tabla 28 Comparación de calidad del agua cruda

Parámetro	Técnica de análisis	Quebrada Malguata	Rio Zumbe
Cloruros	Volumétrico	4,0 mg/L Cl-	8,5 mg/L Cl-
E. Coli	Filtración por membrana	2,8X10E2 UFC/100 ml	1x10E1 UFC/100 ml
Fosforo Total	Colorimétrico	<0,1 mg/L P	<0,1 mg/L P
Hierro	Espectrofotometría de A. A.	0,88 mg/L Fe	3,38 mg/L Fe
Manganeso	Espectrofotometría de A. A.	0,06 mg/L Mn	0,09 mg/L Mn
Nitratos	Espectrofotométrico U. V.	0,6 mg/L N	0,4 mg/L N
Nitrógeno amoniacal-Amonio	Colorimétrico	<0,05 mg/L N	<0,05 mg/L N
Sulfatos	Turbidimétrico	322,7 mg/L SO4	322,7 mg/L SO4

Fuente: El autor

Como se puede apreciar las dos fuentes de agua son muy parecidas en cuanto a su calidad, las dos fuentes tienen una baja cantidad de cloruros pero el río duplica a la quebrada con una cantidad de

cloruros de 8,5 mg/L Cl⁻, los cloruros provienen de muchas fuentes naturales pero los desechos fisiológicos de los humanos y animales principalmente la orina contienen niveles elevados de cloruro (Romero, 2005) esta podría ser la explicación de por qué el nivel de cloruros es más alto en el río que en la quebrada ya que por el río están pasando constantemente caballos y ganado, además los turistas y los mismos habitantes realizan estas necesidades fisiológicas en el cuerpo de agua, sin embargo para que los cloruros afecten de manera extraordinaria la calidad del agua el nivel de cloruros debería ser de 250 mg/L, en este nivel el agua empieza a tener un sabor salado que provoca rechazo por el consumidor, así es que a pesar del contenido de cloruros en los cuerpos de agua estudiados estos no afectan la salud de los habitantes.

La cantidad de fósforo total encontrada en las dos fuentes de agua es muy baja siendo para las dos <0,1 mg/L P, esta es una condición normal para aguas superficiales según Romero ya que en este tipo de aguas la concentración de fósforo varía de 0,01 a 1 mg/L P, esto indica que los habitantes no utilizan detergentes en el río y quebrada o en una muy baja magnitud la cual no afecta la calidad de ninguno de los cuerpos de agua.

En cuanto al contenido de Hierro la concentración en el río es mayor 3,38 mg/L Fe, y esto explica porque la ropa blanca se mancha cuando entra en contacto con este cuerpo de agua, cabe aclarar que el consumo de aguas ricas en Hierro no trae consigo repercusiones para la salud, sin embargo al ser expuestas al oxígeno del aire se vuelven turbias sin embargo causa averías en la ropa como se mencionó anteriormente y en las tuberías, además el hierro así se encuentre en bajas concentraciones produce un sabor metálico al agua, de ahí que la población de la vereda exprese que el agua del río y la quebrada, sobre todo del río, son amargas. La población como la mayoría en Colombia es amante del café, pero se siente frustrados porque cuando no hay agua de lluvia no pueden tomarlo, esto se debe a que esta deliciosa bebida se vuelve desagradable al paladar cuando el Hierro excede 1 mg/L en el agua (Romero, 2005). Esta condición puede reclamar que el sistema contemple la oxidación del hierro.

El Manganeseo se encuentra en proporciones bajas en los dos cuerpos de agua 0,06 mg/L Mn en la quebrada y 0,09 mg/L Mn en el río, al igual que el Hierro no representa repercusiones negativas para la salud, pero se ve relacionado con la turbiedad del agua, el manganeso le puede dar al agua un color carmelito que es indeseable a nivel estético y provoca rechazo además también está involucrado con daños a ropa y tuberías (Romero, 2005).

Los contenidos de nitrógeno amoniacal y nitratos son bastante bajos en estos cuerpos de agua ninguno supera los 0.05 mg/L, el grupo del nitrógeno es de gran importancia en los procesos vitales de animales y plantas, los nitratos sirven para fertilizar las plantas y son convertidos en proteínas, los compuestos de amonio suministran amoníaco a las plantas para elevar la producción de proteínas, el nitrógeno que no utiliza el cuerpo es expulsado a través de los excrementos o se descompone en la materia remanente de animales muertos, este nitrógeno es convertido por las bacterias en amoníaco (Romero, 2005). Los niveles tan bajos de nitrógeno en los cuerpos de agua se deben a la cantidad de especies vegetales que hay en sus alrededores, estas absorben este nitrógeno en todas sus formas de manera constante.

La concentración de sulfatos en los dos cuerpos de agua fue la misma 322,7 mg/L SO₄, los sulfatos son un componente natural de las aguas superficiales, pero un contenido muy alto de los mismos podría tener un efecto laxante, sobre todo en niños (CEPIS, Mezcla rápida, 2004). En caso de que el agua sea ácida los sulfatos le pueden brindar propiedades corrosivas, debido a que los cuerpos de agua estudiados tienen pH que tiende a lo neutro este no es el caso.

En el caso del E. Coli se encontraron concentraciones muy bajas que pueden ser removidas en sistemas de filtración lenta complementados con desinfección. La concentración en la quebrada duplica a la concentración en el río con $2,8 \times 10^2$ UFC/100 ml, la E. Coli es conocida por producir diarrea especialmente en niños y viajeros, la E. Coli está permanentemente presente en la flora intestinal de los humanos y demás animales de sangre caliente por lo cual se encuentra en el excremento (Romero, 2005), por lo tanto la quebrada se encuentra mayormente contaminada por desechos humanos y otros animales.

Como se mencionó anteriormente las personas en época de sequía prefieren el consumo del agua de la quebrada porque no es tan amarga como la del río por su contenido de Hierro, pero a diferencia de lo que se creía es menos saludable el agua de la quebrada debido a su alto contenido de E. Coli, lo cual representa un riesgo en la salud humana.

La quebrada Malguata se encuentra en la jurisdicción de la palma y se encuentra más lejos para la mayoría de habitantes de la vereda que el río ya que este atraviesa la vereda, teniendo en cuenta esto y los parámetros anteriormente mencionados se establece que la mejor opción para bastecer a la comunidad es el Río Zumbe.

9.2.3 Selección del método más apropiado para el tratamiento del agua.

Tras ver los resultados de calidad del agua cruda se estima que la filtración lenta en arena, precedida de una prefiltración y una posterior desinfección será suficiente para tratar el agua del río Zumbe, se realizaron 2 tipos de ensayo con la muestra de agua tomada en invierno que representa la mayor turbiedad y peores condiciones del cuerpo de agua, el primero fue una prueba de jarras y filtración lenta de arena y el segundo filtración lenta de arena directa a continuación se muestran los procedimientos llevados a cabo.

9.2.3.1 Prueba de jarras y filtración lenta de arena

Para la prueba de jarras se utiliza como coagulante una solución al 2% de sulfato de aluminio inicial, para la mezcla rápida se deja funcionar la prueba de jarras a 100 r/min durante 1 min seguidamente se programa para trabajar a 40 r/min durante 15 min para facilitar la formación de floc y finalmente se deja reposar durante 30 min para que los floc precipiten libremente, se aplicaron diferentes dosis se realizaron 3 pruebas de jarras con agua del Río Zumbe tomada el día 15 de octubre en época de invierno, con el fin de analizar la situación más extrema para la fuente de agua seleccionada.

Prueba de jarras 1

A continuación, se presentan las concentraciones adicionadas a cada una de las jarras en la prueba 1

Tabla 29 Concentraciones en la prueba de jarras 1

# Jarra	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Concentración(mg/L)	0	2	4	6	8	10

Fuente: El autor

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.



Figura 9 Primera prueba de jarras pre tratamiento

Fuente: El autor

La turbiedad y color obtenidos en cada jarra fueron los siguientes

Tabla 30Turbiedad y color obtenidos en la prueba de jarras 1

#Jarra	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Turbiedad (NTU)	140	32.1	18.2	16	8.4	2.66
Color (PCU)	500	293	168	175	108	75

Fuente: El autor

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.



Figura 10 Primera prueba de jarras pos tratamiento

Fuente: El autor

Prueba de jarras 2

A continuación, se presentan las concentraciones adicionadas a cada una de las jarras en la prueba 2

Tabla 31 Concentraciones en la prueba de jarras 2

# Jarra	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Concentración(ml)	0	15	20	25	30	40

Fuente: El autor

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.



Figura 11 Segunda prueba de Jarras pre tratamiento

Fuente: El autor

La turbiedad y color obtenidos en cada jarra fueron los siguientes.

Tabla 32 Turbiedad y color obtenidos en la prueba de jarras 2

#Jarra	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Turbiedad (NTU)	140	2.93	2.31	2.2	2.08	1,9
Color (PCU)	500	91	64	55	74	28

Fuente: El autor

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.



Figura 12 Segunda prueba de Jarras Pos tratamiento

Fuente: El autor

Se realizó una tercera prueba de jarras adicionando a todas las jarras la dosis optima de coagulante de 40 mg/L y se obtuvieron 5 litros de agua clarificada para ser filtrada en el filtro de arena en el laboratorio y . Se obtuvo un valor de turbiedad (1,9 NTU), un valor color (28 PCU) y un Floc pesado y consistente.

Filtración lenta de arena

Se procedió a filtrar por un filtro lento de arena el agua obtenida del anterior procedimiento. Para la preparación del filtro se lavó la grava y la arena con un tamiz, la arena y la grava se desinfectaron y además se realizaron varios filtrados de agua de la llave para limpiar eficazmente el filtro, la primera capa fue de grava gruesa que sirve de soporte, la segunda de piedras menos densas y por último la arena.

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.



Figura 13 Filtro lento de arena

Fuente: El autor

A continuación se presenta la comparación de turbiedad y color del agua que entra y la que sale del filtro lento de arena.

Tabla 33 Resultados filtración del agua tratada

Parámetro	Entrada	Salida
Turbiedad (NTU)	1.9	1.2
Color (PCU)	28	22

Fuente: El autor

Según la OMS la concentración máxima aceptable de turbiedad del agua para consumo humanos es de 5 NTU, es decir que incluso antes de filtrar solo con el procedimiento de jarras el agua cumple con este parámetro. La concentración máxima tolerable de Color del agua para consumo es de 50 PCU es decir que también se cumple con esta característica. Además, se cumple con lo establecido en la resolución 2115 de 2007 de no exceder las 2 unidades.

9.2.3.2 Filtración lenta de arena directa

La filtración lenta es el método de tratamiento de agua más antiguo y simula el proceso natural de purificación que realiza el agua de ríos, quebradas y lluvia al volverse subterránea, este sistema es altamente efectivo en la reducción de turbiedad y color pero al operarse correctamente y en dependencia de la calidad del agua tratada representa un sistema efectivo de desinfección. Una de las ventajas predominantes de este método es que purifica el agua sin crear una fuente de contaminación adicional para el ambiente los subproductos que el proceso deja son sustancias naturales de degradación biológica que no representa riesgos para la salud, estos subproductos en su mayoría están formados por CO₂ y sales relativamente inocuas, como sulfatos, nitratos y fosfatos, para que la desinfección en el proceso de filtración lenta de arena sea efectiva no debe faltar una capa biológica. El filtro lento es un sistema sencillo y eficiente para el tratamiento de agua, lo cual hace que su costo sea bajo e ideal para las zonas rurales, sin embargo para garantizar el buen funcionamiento del sistema y la efectiva desinfección a través de los años se requiere de una apropiada operación y mantenimiento.

Durante el proceso el agua debe pasar lentamente por diversas capas de diferentes diámetros, las partículas se encuentran con el medio filtrante y quedan retenidas, a partir de la degradación biológica las partículas retenidas se reducen a formas más simples. El agua cruda que ingresa al filtro puede permanecer en la superficie de 3 a 12 horas dependiendo de la velocidad del filtro, durante ese tiempo se realiza un proceso natural de sedimentación en el cual las partículas más pesadas bajan a tocar el lecho filtrante y las más pequeñas se aglutinan lo cual hace más fácil su posterior remoción. En la superficie del medio filtrante se forma una capa de origen orgánico conocida como “piel de filtro”, esta es la capa que hace el papel de desinfectante al estar formada por algas y otras formas de vida como plancton, la cual atrapa, digiere y destruye las algas y microorganismos que provienen del agua cruda antes de llegar al lecho filtrante (CEPIS, Filtración lenta, 2004).

Utilizando el mismo filtro se sometió al mismo tratamiento 2 muestras de agua las dos del río Zumbe pero una en verano y la otra en invierno, sin pretratamiento, es decir sin coagulación, floculación y sedimentación previa. Estos fueron los resultados obtenidos.

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

Tabla 34 Resultados filtración directa Rio Zumbe en verano

Parámetros	Entrada filtro	Salida filtro
Turbiedad (NTU)	21.5	2.4
Color (PCU)	129	16

Fuente: El autor

La salida 2 corresponde al segundo volumen de esta muestra que se pasó por el filtro, después de otras pruebas.

Tabla 35 Resultados filtración directa Rio Zumbe invierno

Parámetros	Entrada	Salida
Turbiedad (NTU)	140	0.9
Color (PCU)	500	20

Fuente: El autor

Los resultados de color y turbiedad sin pretratamiento son óptimos, las filtraciones se realizaron en el siguiente orden:

1. Agua de la llave para terminar de lavar los filtros
2. Agua del Rio en verano
3. Agua del Rio tratada con Jarras
4. Agua del Rio en invierno sin pretratamiento

El proceso de filtración directa con filtros lentos de arena deja el agua en condiciones de turbiedad y color óptimos para consumo humano. Se aclara que el filtro de arena se diseñó para operarlo en el laboratorio y esto no se pudo hacer de manera continua al no contar con muestra suficiente para permitir la formación de la capa biológica que es la parte más importante del filtro lento para la remoción de patógenos. Por esta razón no se realiza desinfección para evaluar si estos hubieran sido removidos con la futura formación de la capa biológica.

9.2.4 Caracterización del agua tratada

Se realizó una comparación de turbiedad y color entre las 3 muestras tratadas por filtración lenta con filtros de arena como se muestra a continuación.

Tabla 36 Resultados de filtración consolidados

	Turbiedad	Color
Filtración directa Rio Zumbe verano	0.478	9
Rio zumbe invierno tratada con prueba de jarras	1.2	22
Filtración directa Rio Zumbe invierno	0.9	20

Fuente: El autor

Como se aprecia en la tabla las 3 muestras cumplen con los parámetros permisibles de turbiedad y color A esto se debe que los resultados en el agua tratada con prueba de jarras no hayan sido muy

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

óptimos comparados con los otros dos, pero esto demuestra que el cuerpo de agua no necesita un procedimiento de coagulación previo para estos parámetros.

Siguiendo lo indicado por el capítulo IV de la resolución 2115 de 2007 se calculó el Índice De Riesgo De La Calidad Del Agua Para Consumo Humano-IRCA- con el fin de saber el grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano y elegir cuál de los dos métodos fue el más eficiente, el cálculo del IRCA se realizó en base a los puntajes que se asignan la resolución 2115 de 2007 se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 37 Caracterización del agua tratada

Parámetro	Agua filtrada directamente verano	Puntaje de riesgo	Agua tratada por jarras y filtrada	Puntaje de riesgo	Resolución 2115/2007
ALCALINIDAD TOTAL mg/L CaCO₃	103	0	68	0	200
Aluminio mg/L Al	0.06	0	0.06	0	0.2
Calcio mg/L Ca	>80	1	>80	1	60
Carbono Orgánico Total mg/L COT	3.45	0	3.56	0	5
, Cloro residual libre mg/L Cl₂	<0,30	0	<0,30	0	0.3-2.0
Cloruros mg/L Cl⁻	13.5	0	24.3	0	250
Coliformes totales UFC/100 ml	1,8x10E2	0	1,9X10E2	0	0
Color aparente UPC	7	0	10	0	
Dureza total mg/L CaCO₃	>200	0	>200	0	300
E. Coli UFC/100 ml	<1	0	<1	0	0
Fluoruros 0,12 mg/L F⁻	0.12	0	0.17	0	1
Fosfatos mg/L PO₄	<0,20	0	<0,20	0	0.5
Hierro mg/L Fe	<0,10	0	<0,10	0	0.3
Magnesio mg/L Mg	25,57	0	8.52	0	36
Manganeso mg/L Mn	<0,03	0	<0,03	0	0.1
Molibdeno mg/L Mo	<0,01	0	<0,01	0	0.07

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

Parámetro	Agua filtrada directamente verano	Puntaje de riesgo	Agua tratada por jarras y filtrada	Puntaje de riesgo	Resolución 2115/2007
Nitratos mg/L NO ₃	1.5	0	3.0	0	10
Nitritos mg/L NO ₂	<0,05	0	<0,05	0	0.1
pH Unidades	7.21	0	7.51	0	6.5-9.0
Sulfatos mg/L SO ₄	>50	0	>50	0	250
Turbiedad NTU	1.05	0	1.3	0	2
Zinc mg/L Zn	<0,02	0	<0,02	0	3
Sumatoria valores de riesgo		1		1	

Fuente: El autor

Teniendo en cuenta que en el ensayo realizado en el laboratorio no se utilizó cloro ni una capa biológica para tratar los coliformes y que la presencia de E. Coli y coliformes es baja, para calcular el IRCA se establece un valor de 0 asumiendo que con la capa biológica y una desinfección estos parámetros estarán en cumplimiento. Así entonces el IRCA para las dos muestras es de 1 lo que indica según la resolución 2115 de 2007 que es agua que no tiene riesgo y que sería apta para consumo humano.

9.2.5 Selección del tipo de solución

Los métodos de tratamiento de agua pueden ser colectivos o individuales, teniendo en cuenta si la población es dispersa o concentrada, la población en cuestión es dispersa, pero para tener en cuenta todos los factores que lleva consigo la soluciones en el área rural se realizó una encuesta la cual esta adjunta en los anexos y se obtuvieron los siguientes resultados.

Se entrevistaron 16 familias de las 24 que habitan la vereda y se obtuvieron los siguientes resultados:

Pregunta 1: La vivienda ocupada por este hogar es

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

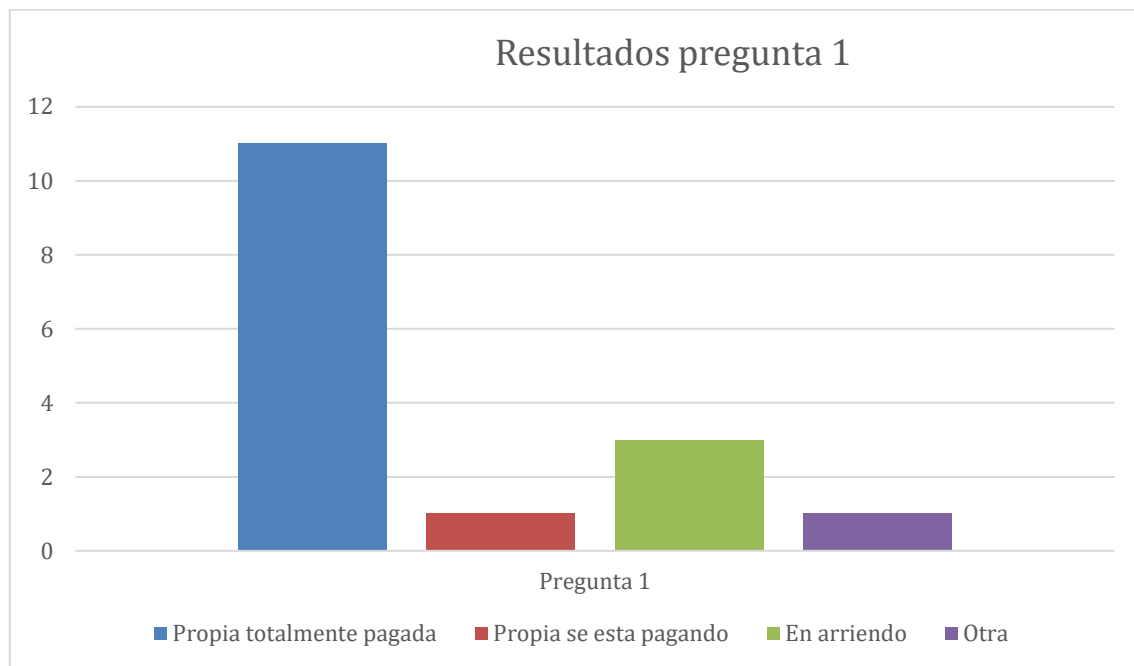


Figura 14 Grafica pregunta 1

Fuente: El autor

La mayoría de habitante cuenta con una vivienda propia totalmente pagada o pagándose lo que quiere decir que se encuentran en la posición de realizar modificaciones o instalaciones a la misma si lo desean, las personas que viven en arriendo son arrendadas de vecinos de la misma zona los cuales no tienen problema en que se instale algún equipo potabilizador del agua. En la vereda se presenta el caso que habitan viviendas “prestadas” es decir que no es de ellos, pero tampoco pagan arriendo ya que algún amigo o familiar les permite su estadía allí sin costo alguno.

Pregunta 2: ¿El lote donde está ubicada la vivienda es legalizado?

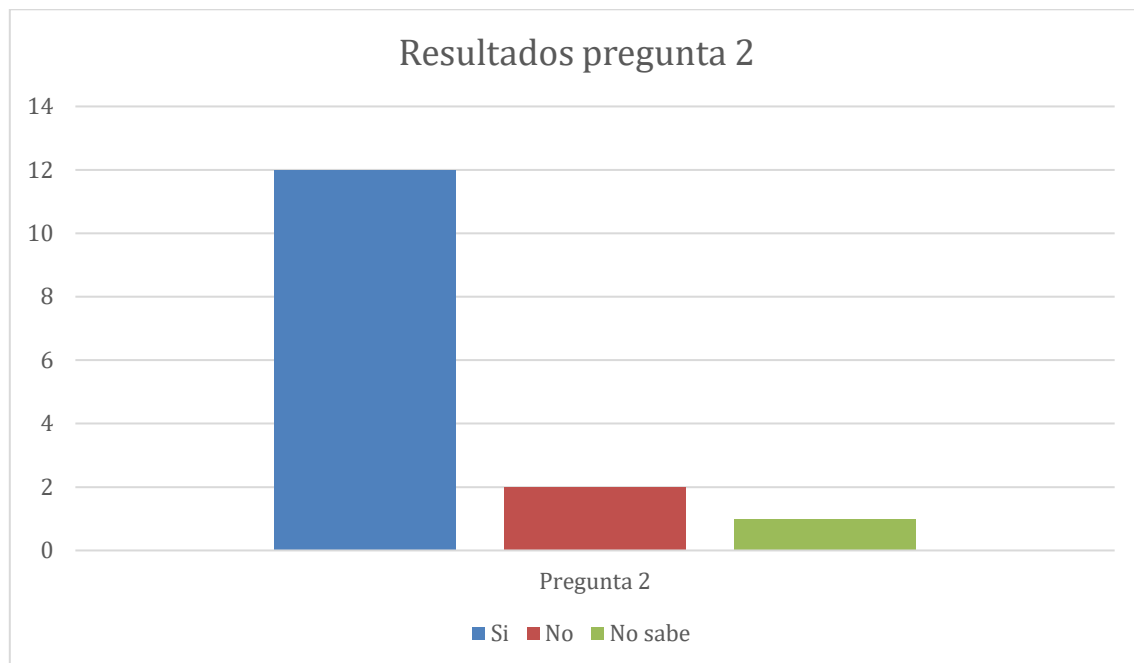


Figura 15 Grafica pregunta 2

Fuente: El autor

La mayoría de las personas cuentan con la escritura de su lote por lo tanto es legalizado y no tienen problemas por dicha cuestión, algunos no saben, pero se presume que sí lo son pero las personas que habitan este lote son de avanzada edad y no saben a ciencia cierta esta información, las personas que no cuentan con lote legalizado son personas que construyeron sus casas en zonas “de nadie” dicen ellos y no cuentan con papeles que lo nombre como suyo.

Pregunta 3 : Sobre qué tipo de terreno está ubicado el predio

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

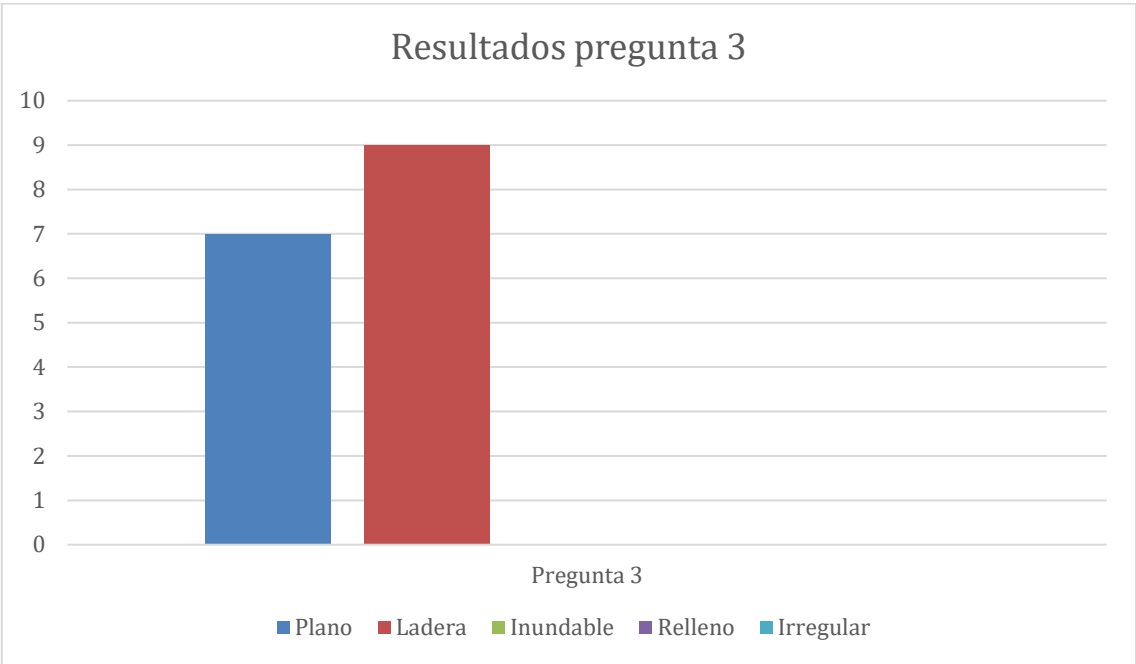


Figura 16 Grafica pregunta 3

Fuente: El autor

Las casas están ubicadas equitativamente en lugares planos y laderas, para los lugares planos los filtros individuales deben contar con un soporte mientras que en los hogares ubicados en laderas el soporte puede hacerse naturalmente.

Pregunta 4: ¿De dónde toman principalmente el agua para consumir en la vivienda?

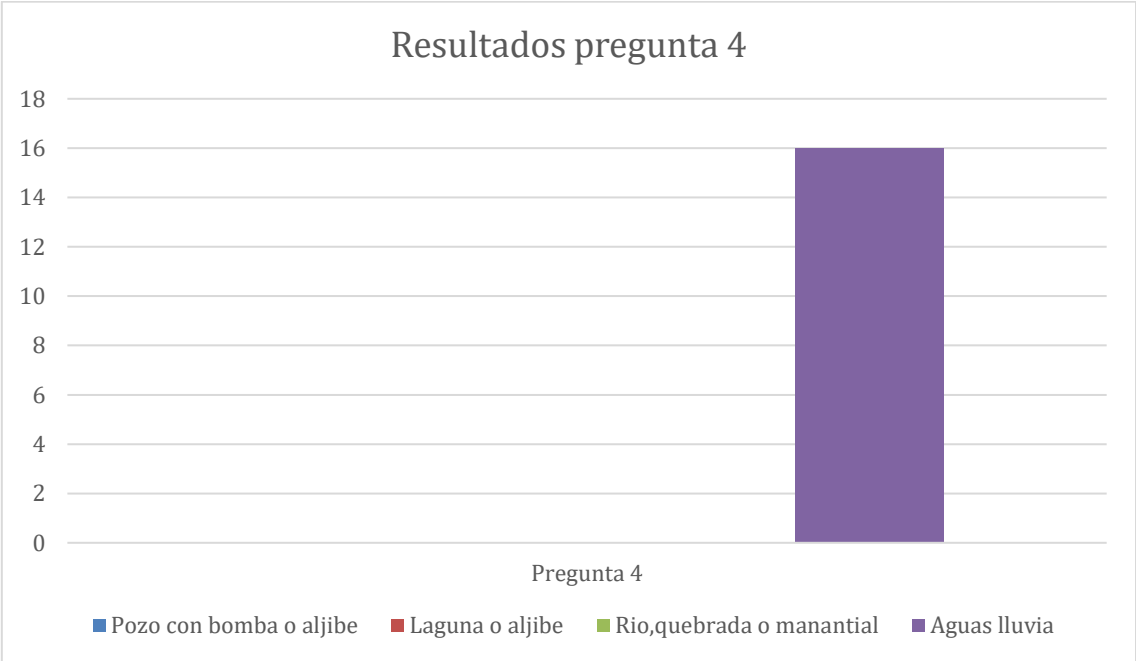


Figura 17 Grafica pregunta 4

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

Fuente: El Autor

Toda la población entrevistada de la vereda utiliza como agua de consumo el agua de lluvia.
Pregunta 5: ¿Con qué regularidad ustedes obtienen el agua de esta forma?

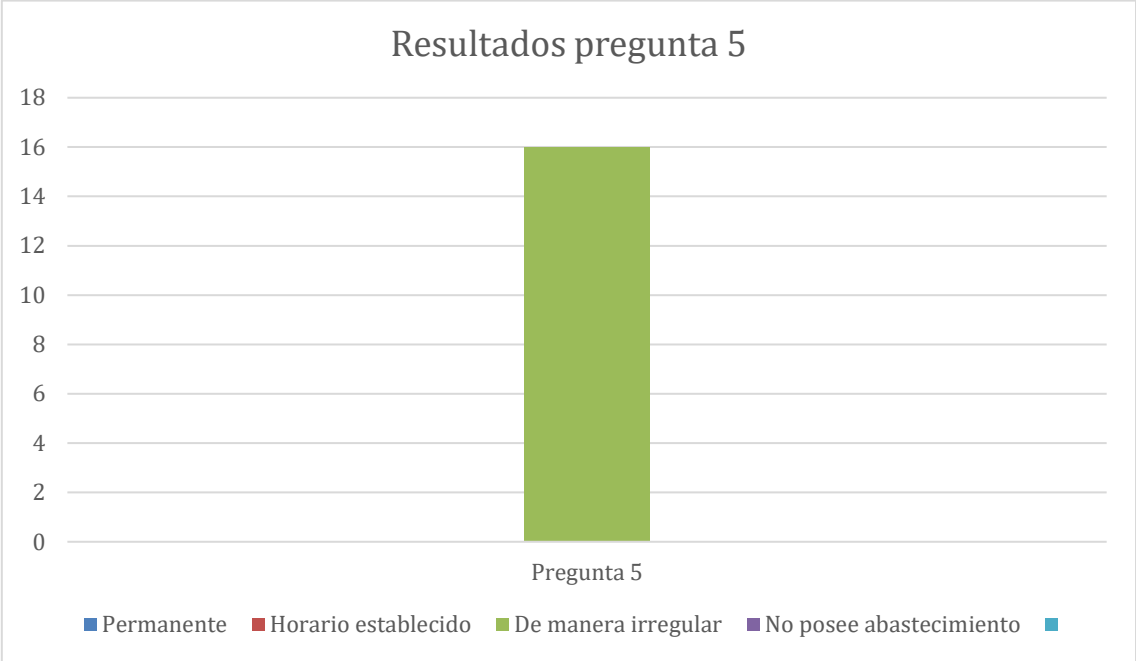


Figura 18 Grafica pregunta 5

Fuente: El autor

Toda la población entrevistada obtiene este recurso hídrico de manera irregular, es decir en época de invierno a algunos les alcanza el almacén agua lluvia que recogen, pero la mayoría consume de la quebrada o del río cuando el agua de lluvia escasea.

Pregunta 6: ¿En qué almacenan el agua para consumo humano?

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

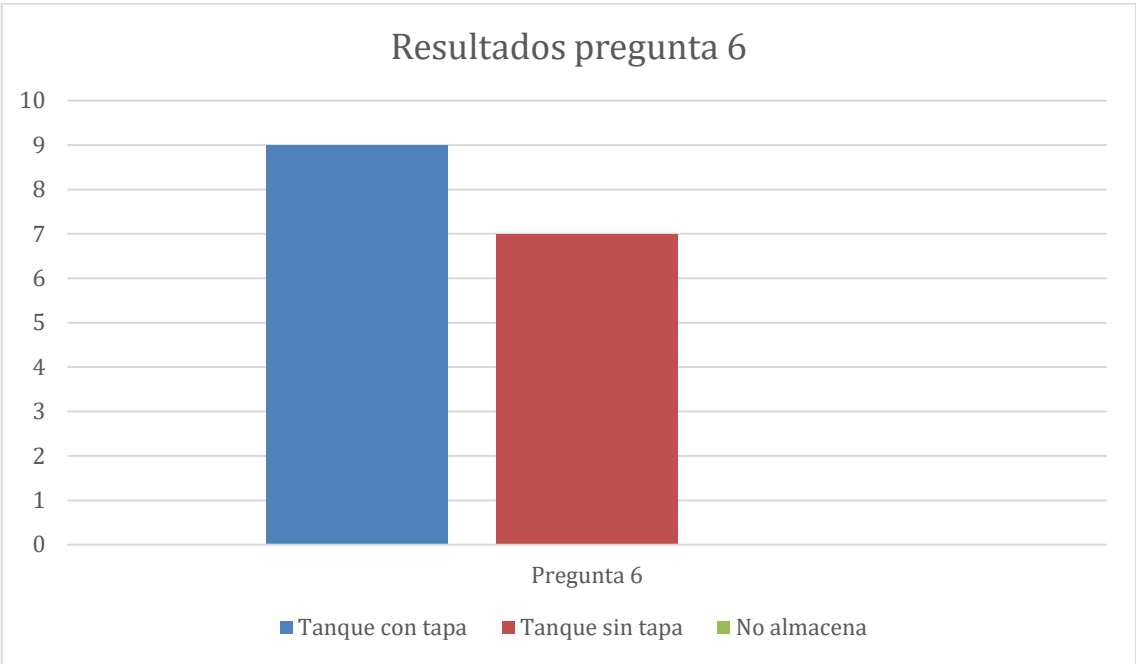


Figura 19 Grafica pregunta 6

Fuente: El autor

Toda la población cuenta con tanques de almacenamiento la mayoría tienen tapa y otros no, en época de invierno todos los tanques mantienen destapados.

Pregunta 7: En caso de usar tanque o recipiente, ¿cada cuánto lo lava?

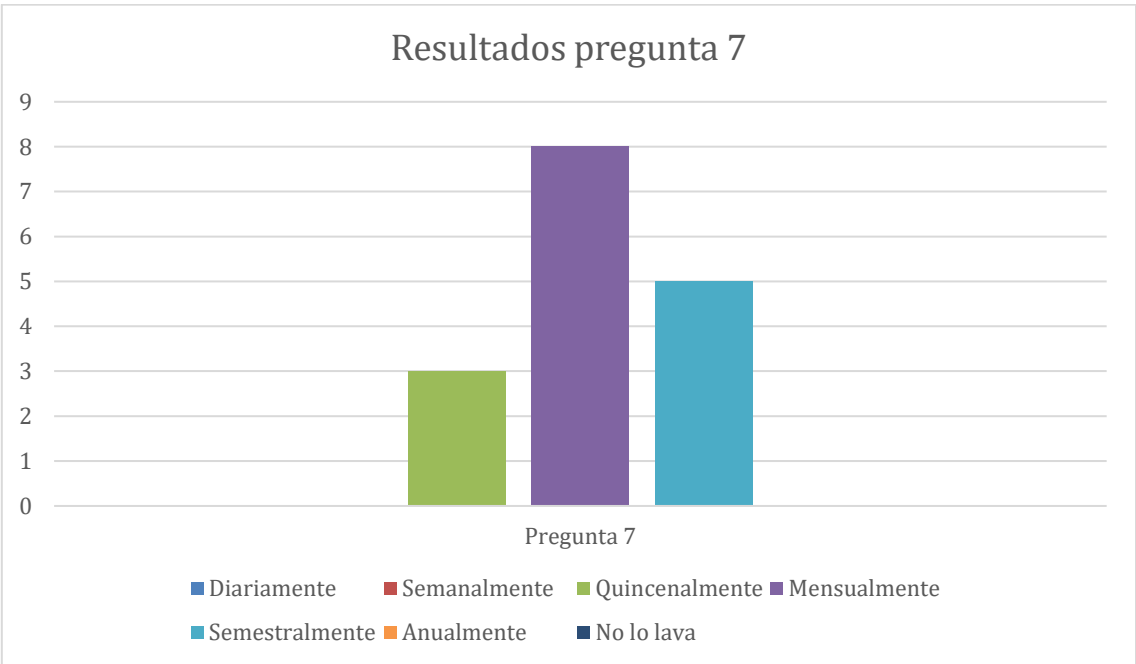


Figura 20 Grafica pregunta 7

Fuente: El autor

La mayoría de personas entrevistadas lavan los tanques mensualmente rotan el agua de lluvia y así logran lavar todos los tanques algunos esperan menos y los lavan quincenalmente porque no les gusta que el agua se llene de material biológico y otro cuantos esperan más tiempo porque no tienen en donde transvasar el agua.

Pregunta 8: ¿En dónde está ubicado el tanque o recipiente?

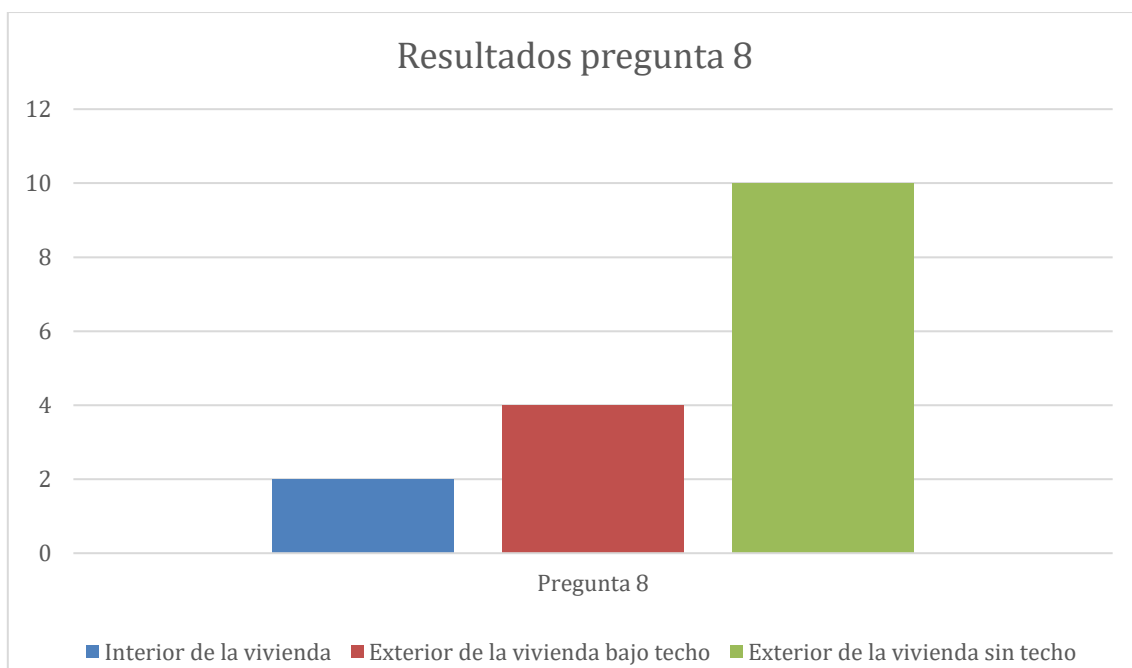


Figura 21 Grafica pregunta 8

Fuente. El autor

La mayoría de tanques se encuentran en el exterior de la vivienda sin techo con el fin de que cumplan mejor su labor de recolección, aquellos que se encuentran en el exterior bajo techo es porque tienen

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

conexión a canales y los que se encuentran en el interior de la vivienda hacen referencia a viviendas no son totalmente cubiertas y el tanque no se encuentra bajo techo.

Pregunta 9: ¿Qué hace con el agua antes de tomarla?

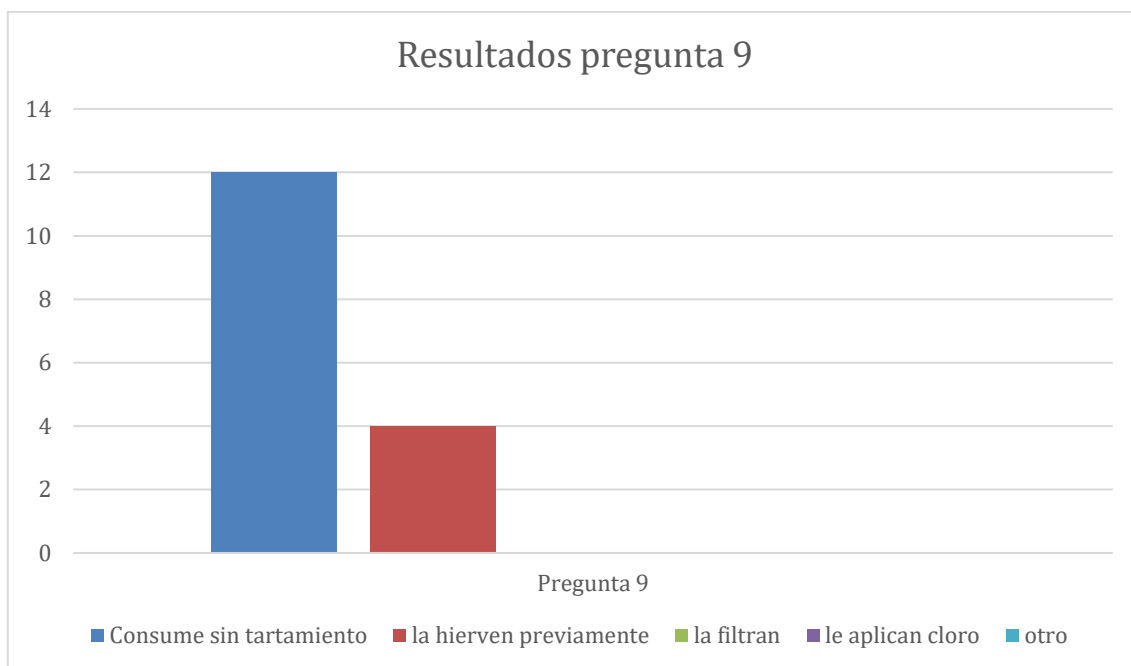


Figura 22 Grafica pregunta 9

Fuente: El autor

La mayoría de personas consumen el agua sin tratamiento ya que confían en el olor y sabor del agua de lluvia, el único método de tratamiento que usan es el de hervir el agua en algunas ocasiones cuando el agua ya está muy reposada en promedio la dejan hervir 10 min, cuando es época de sequía el agua de los cuerpos loticos si es hervida por todos los entrevistados ya que no les genera tanta confianza y ellos la definen como agua amarga, además de que el agua del rio mancha la ropa.

Pregunta 10: Que tan importante considera contar con un sistema de potabilización de agua

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

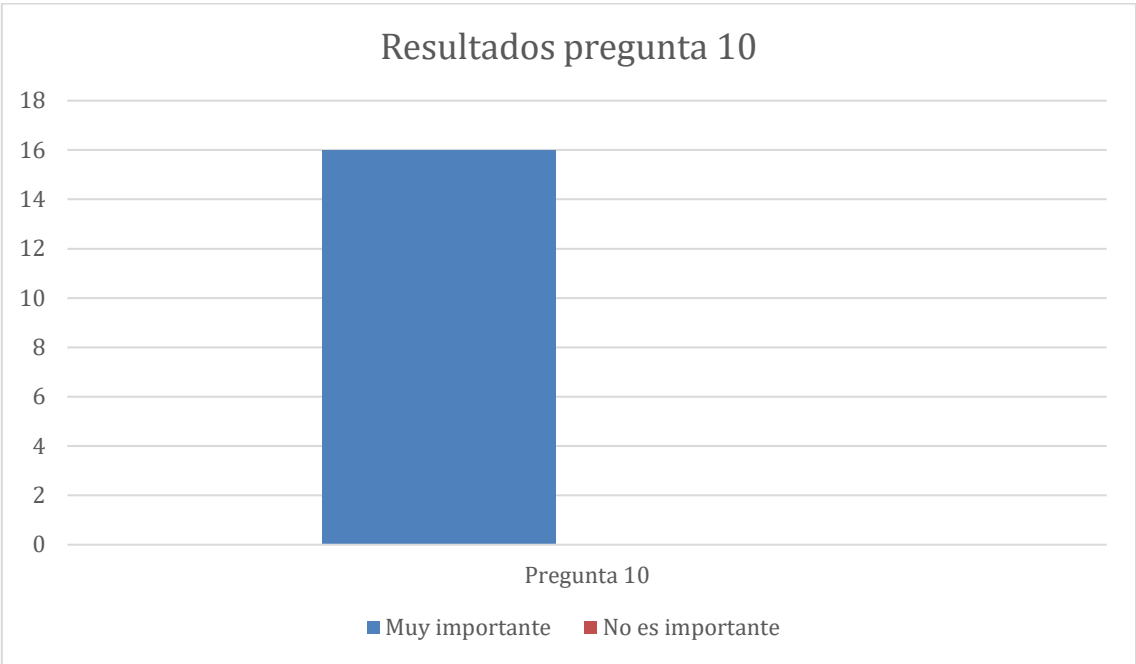


Figura 23 Grafica pregunta 10

Fuente: El autor

Todos coinciden en que es muy importante para ellos que se les instale un sistema de potabilización del agua, ya que mejoraría sus condiciones de vida y aumentaría su calidad, las madres de la vereda lo consideran lo mejor para la salud de los niños ya que les da mucha desconfianza que los menores beban agua sin tratamiento.

Pregunta 11: ¿Considera mejor una solución individual o una colectiva?

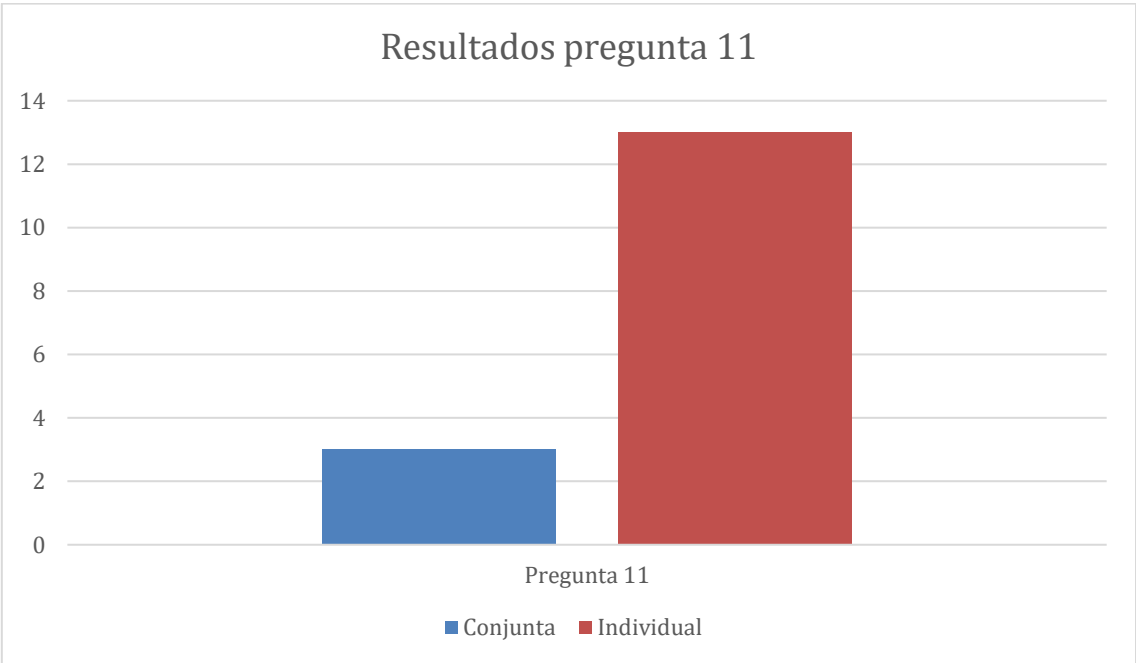


Figura 24 Grafica pregunta 11

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

Fuente: El autor

La mayoría de personas entrevistadas concuerdan en que lo mejor sería una solución individual ya que todos cuentan con suministro de agua lluvia y para ellos sería más fácil cada uno manejar la durabilidad y mantenimiento del sistema, también concuerdan que una solución conjunta como el acueducto podría generar un impulso hacia el desperdicio porque no se tiene una costumbre y lo ideal es que el agua tratada se use solamente para consumo humano no para labores de limpieza y demás.

La población entrevistada concordó al decir que existe una junta de acción comunal de la vereda, pero no se han llevado a cabo proyectos relevantes para la misma, además ninguno de los entrevistados cuenta con recursos para implementar por ellos mismos la solución.



Figura 25 Entrevista 1

Fuente: El autor

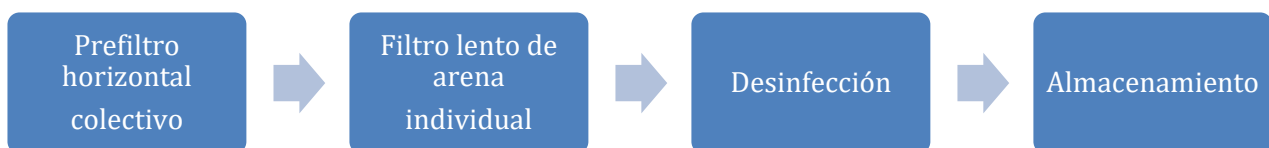


Figura 26 Entrevista familia 2

Fuente: El autor

9.3 Resultados objetivo específico 3

Para el diseño conceptual del sistema de potabilización del agua más apropiado para la vereda se utilizaron diversas publicaciones y conociendo la calidad del agua cruda y sus parámetros de calidad después de las pruebas de tratabilidad, se concluye que el sistema de tratamiento más apropiado para la comunidad que usará el río Zumbe como fuente de abastecimiento incluso en verano, es el que se propone a continuación, una solución para verano y otra para invierno, ambas con una base central en el filtro lento de arena.



Los resultados demostraron que el filtro lento de arena funciona de manera efectiva en invierno y verano para el cuerpo de agua sin pretratamiento, aunque los coliformes prevalecen en una cantidad mínima ya que en el proceso no se utilizó cloro y el filtro usado en el laboratorio no tenía capa biológica, la cantidad de coliformes que prevalecen se pueden remover con una capa biológica en el filtro, además en base a las entrevistas se corroboró que la mayor parte del tiempo los habitantes obtienen el agua de consumo del agua de lluvia y que todos cuentan con sus tanques de almacenamiento, la población concordó dada la distribución de la vereda que lo mejor son las soluciones individuales. En síntesis este proyecto plantea una solución mixta, en época de invierno los habitantes cuentan con una provisión de agua de lluvia alta y aunque el agua de lluvia trae menos elementos contaminantes que el agua superficial no cuenta con un tratamiento que el agua potable, así que un filtro lento de arena que le da al agua superficial las características necesarias para ser

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

segura y potable funcionara de una manera altamente eficiente con el agua de lluvia, por lo tanto se propone que cada familia cuente con un filtro lento de arena en sus hogares el cual en época de verano será igualmente capaz de tratar el agua proveniente del rio.

9.3.1 Diseño pre filtro

Dada la turbiedad del río en invierno de 149 NTU, Como condición más drástica de operación para los filtros lentos, se propone una unidad de pretratamiento que consiste en un pre filtros horizontales de grava que garantice una turbiedad de salida de máximo 20 NTU. El pre filtro se propone construir de manera colectiva ya que su mantenimiento se prolonga a varios años, tema que será fácil de resolver entre los habitantes.

Se diseña un pre filtro de grava comunal para las aguas del rio como medida de prevención para disminuir la carga de material de suspensión, con este filtro se detendrá la materia con un diámetro mayor a 10mm.

El pre filtro a diseñar será de flujo horizontal basándonos en los parámetros de selección que brinda la CEPIS a continuación se muestra la tabla de selección

Tabla 38 Tipo de pre filtro

Tipo	Turbiedad		Velocidad m/h
	Media	Máxima	
Vertical	10	50	0.25
Horizontal	150	750	0.50

Fuente: Manual de diseño de plantas de filtración lenta, CEPIS

A continuación, se presenta de manera ordenada los cálculos y medidas que debe tener el pre filtro

Datos	Unidad	Criterios	Cálculos	Resultados
Caudal de diseño Q= 0.000302	m ³ /s	$A = \frac{3600 Q}{N * Vf}$	$A = \frac{3600 * 0.000302}{2 * 0.15}$ =3.624	Área transversal de cada unidad m ²
Número de unidades N= 1	Adim			
Velocidad optima de filtración Vf= 0.15	m/h			
Profundidad de la grava H= 1.5	m	$B = \frac{A}{H}$	$B = \frac{3.624}{1.5}$ B= 2.416	Ancho De cada unidad (m)
Constante λ1= 0.45	Adim	$L1 = \frac{Ln C/Co}{\lambda 1}$	$L1 = \frac{Ln (\frac{100}{200})}{0.45}$	Longitud del primer tramo del pre filtro
Turbiedad máxima del	UT			

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

agua cruda Co= 200			L1= 2	con grava de 3 a 4 cm (m)
Turbiedad efluente del primer tramo C= 100	UT			
Constante 2 $\lambda_2= 0.60$	Adim	$L_2 = \frac{Ln C_2/C_1}{\lambda_2}$	$L_1 = \frac{Ln(\frac{50}{100})}{0.60}$	Longitud del segundo tramo del pre filtro con grava de 2 a 3 cm (m)
Turbiedad efluente C1=100	UT		L2= 1.15	
Turbiedad efluente C2=50	UT			
Constante 3 $\lambda_3= 0.8$	Adim	$L_3 = \frac{Ln C_3/C_2}{\lambda_3}$	$L_3 = \frac{Ln(\frac{20}{50})}{0.80}$	Longitud del tercer tramo del pre filtro con grava de 1 a 2 cm (m)
Turbiedad efluente C2= 50	UT		L3= 1.15	
Turbiedad efluente C3= 20	UT			
		L=L1+L2+L3	L=2+1.15+1.15 L=4.3	Longitud total de la unidad (m)
Volumen de contenido de la unidad V= 8.96	m ³	$h_1 = \frac{qL BL_1 - V}{B * L}$	$h_1 = \frac{1.3(2)(2) - 8.35}{2(4.3)}$ h1= 0.25	Altura de agua adicional requerida para aplicar la tasa de lavado (m)
Tasa de lavado qL=1.3	m ³ /m ²			
Velocidad de descarga VL=2	M/min	$QL = \frac{VL * B * L}{60}$	$QL = \frac{2 * 2 * 4.3}{60}$ QL= 0.286	Caudal de lavado m ³ /s
		$hf_1 = \frac{1}{3} H * VL$	$hf_1 = \frac{1}{3} 1.5 * 2$ hf1 = 1	Perdida de carga en la grava (m)
Numero de losas sobre el canal de limpieza n =15	Adim	$e = \frac{B - an}{n + 1}$	$e = \frac{2 - (0.10)(15)}{16}$ e=0.03	Ancho de las ranuras del canal de

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

Ancho de cada losa a = 0.10	M			limpieza (m)
Ancho del canal de limpieza b=0.425	m	$hf2 = \frac{QL2}{((N + 1)Cd e b)^2 2}$	$hf2 = \frac{(0.287)^2}{((16)(0.65)(0.03)(0.425))^2 (19.6)}$	Perdida de carga en el canal de limpieza (m)
Coeficiente de descarga de las ranuras Cd = 0.65	adim		$hf2 = 0.24$	
		$hf = hf1 + hf2$	$hf = 1 + 0.024$ $hf = 1.24$	Perdida de carga durante una descarga m
Altura del canal de limpieza h2= 0.20	m	$h = H + h1 + \frac{1}{2} h2$	$h = 1.5 + 0.25 + \frac{1}{2} 0.20$ $h = 1.85$	Presión de agua sobre la compuerta
		$Vc = \sqrt{2g(h - hf)}$	$Vc = \sqrt{19.6(1.85 - 1.24)}$ $Vc = 3.45$	Velocidad en la compuerta de carga (m/s)
		$Ac = \frac{QL}{Vc}$	$Ac = \frac{0.287}{3.45}$ $Ac = 0.083$	Sección de la compuerta (m ²)

9.3.2 Diseño del filtro lento de arena

Este filtro garantiza la remoción de la mayoría de bacterias presentes en el agua, siempre que cuente con la capa biológica, este es un proceso que consiste en la purificación del agua pasándola por diferentes capas de material poroso con el fin de retener partículas de diferentes diámetros. Este método reduce el color y la turbiedad del agua de una manera eficiente además de ser un método de desinfección muy favorable, es de fácil mantenimiento, bajo costo y puede ser construido por los mismos habitantes de la vereda.

Los filtros lentos de arena como etapa principal de tratamiento, juegan un papel muy importante en el mejoramiento de la calidad del agua en zonas rurales y urbano marginadas, por su eficacia, facilidad de diseño y sencillez en su operación y mantenimiento. Los filtros lentos de arena reducen drásticamente el número de virus (total), bacterias (99 - 99.9%), protozoarios o huevos de nematodos (hasta 99.99%) dañinos para la salud. La turbiedad del efluente en un filtro bien diseñado y operado puede llegar a 1 UTN. La remoción de carbono orgánico biodegradable se logra hasta en un 50% y se lleva a cabo por la actividad biológica que se genera en los lechos (Gonzales) y (Schulz, 1998).

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

Para la instalación de los filtros lentos de arena en los hogares la recolección del agua se realizará en los tanques que los habitantes tienen en sus hogares como los que se muestran a continuación.



Figura 27 Tanque familia 1

Fuente: Andrés Rico

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

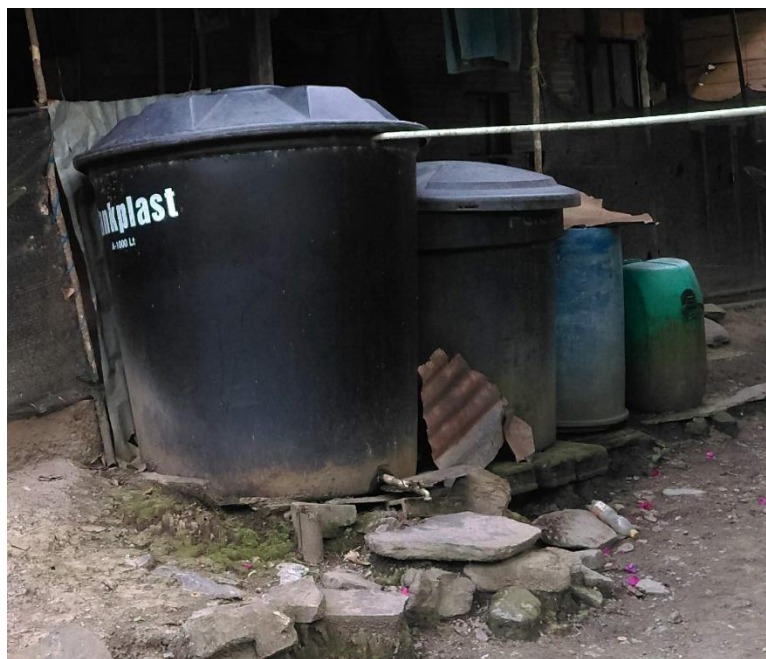


Figura 28 Tanques familia 2

Fuente: Andrés Rico

Para la recolección del agua no tratada y para el filtro se utilizarán 2 canecas de 55 galones como la que se muestra a continuación. Algunas familias ya cuentan con este tipo de canecas, pero otras no.



Figura 29 Caneca plástica de 55 galones

Fuente: Plásticos S.A.S

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

La primera caneca la cual recibirá el agua no tratada necesitara 3 orificios, el hueco de entrada de agua se hacen a 10 cm por debajo del borde superior, el otro hueco se hace en el fondo, el tercer hueco se hace a un lado de la caneca a 10 cm del borde inferior.

El agua del rio llegara directamente a la primera caneca de 55 galones, se instalará una llave de paso con el fin de permitir el paso de la misma en verano, pero obstruirlo en invierno ya que se usara agua de lluvia. Un tubo de PVC de media pulgada y 6 m se unirá la primera caneca con la segunda la cual es el filtro. La salida que se encuentra en el fondo de la caneca 1 se utiliza para su limpieza. La conexión del filtro al tanque de almacenamiento se realiza por medio de manera domiciliaria.

Para el lecho filtrante es necesario hacer limpieza de la grava y arena del rio, el máximo de agua alcanzado por el tanque de almacenamiento será la capa mínima de agua en el filtro, El lecho filtrante constara de una longitud de 45 cm, 15 cm de grava gruesa que servirá de soporte en el fondo, 25 cm de arena y 5 cm de capa biológica, esta capa biológica le toma 10 días para formarse. Para la limpieza y mantenimiento del filtro se debe vaciar el filtro y lavar la grava y arena con agua, adicional a esto se debe realizar un proceso de desinfectado para que se asegure que las capas filtrantes no contienen contaminantes.

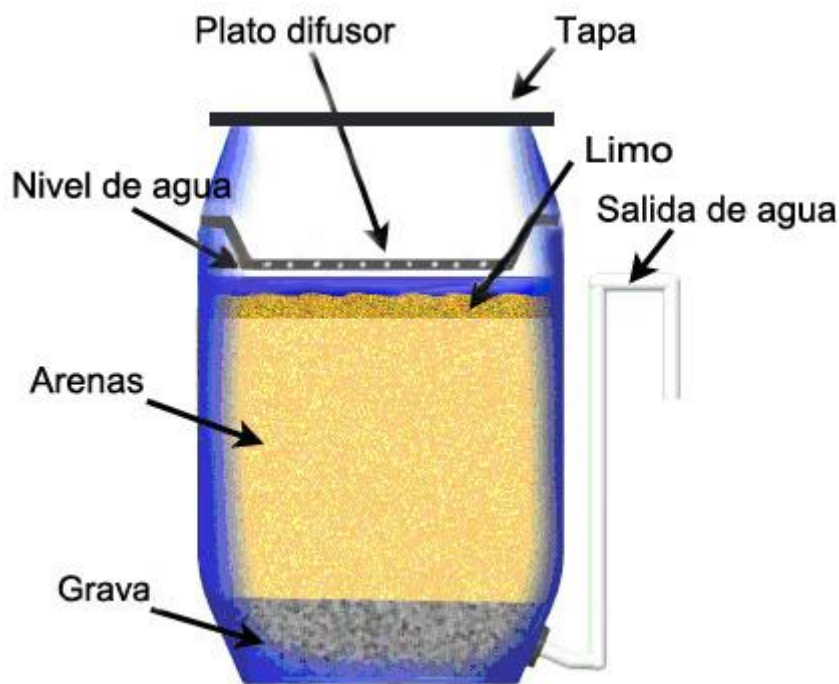
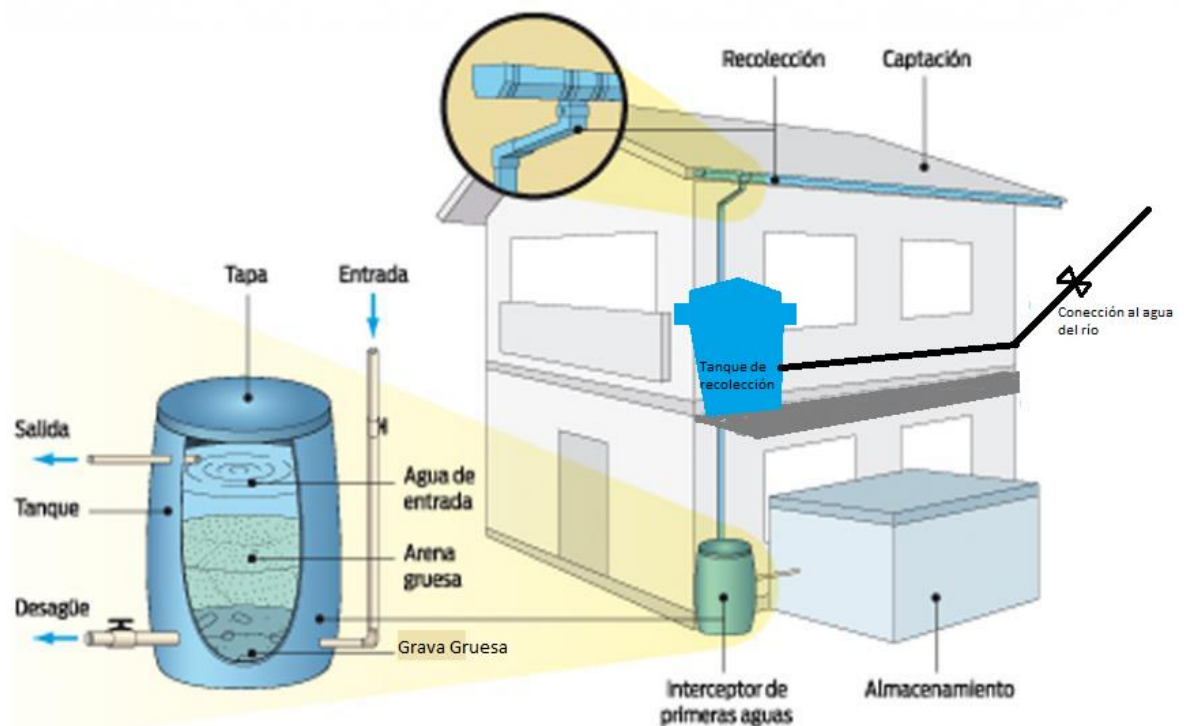


Figura 30 Capas de lecho filtrante

Fuente: IMCA

El sistema en general se instalará de la siguiente forma

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.



Fuente: Adaptación del autor

Las casa contarán con un tanque de almacenamiento de agua el cual en verano se abastecerá del río y en invierno de agua lluvia este bajará por gravedad al filtro lento de arena y de allí a su almacenamiento.

9.3.3 Desinfección

A pesar de que el método de filtración directa con filtro lento de arena, con su capa biológica resulta eficiente ante los patógenos, como método de precaución ante la aparición de patógenos en el almacenamiento se realizará la desinfección del agua antes de beberla con hipoclorito de calcio el cual se aplicará al tanque de almacenamiento y se dosificará de tal manera que el cloro residual libre no supere 1 mg/L, además se incluirá una lámina de carbono activado para mejorar el sabor del agua.

Pese a que se espera que el filtro lento de arena remueva los patógenos en su gran mayoría, se recomienda la desinfección como medida de seguridad y para garantizar que el agua filtrada almacenada no se contamine.

Se prevé que el filtro lento de arena funcionará de manera efectiva en invierno y verano para el cuerpo de agua sin tratamiento (coagulación floculación sedimentación), aunque los coliformes prevalecen en una cantidad mínima ya que en el proceso no se utilizó cloro y el filtro usado en el laboratorio no tenía capa biológica, la cantidad de coliformes que prevalecen se pueden remover con una capa biológica en el filtro, se recomienda la desinfección como medida de seguridad y para garantizar que el agua filtrada almacenada no se contamine.

Una segunda opción se configura a partir de corroborar en las entrevistas y visitas de campo, que todas las casas cuentan con sistemas instalados que requieren mínimos ajustes para la cosecha de aguas lluvias, e la mayor parte del tiempo los habitantes obtienen el agua de consumo del agua de

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

lluvia y que todos cuenta con sus tanques de almacenamiento, la población concordó dada la distribución dispersa de las casas de la vereda que lo mejor son las soluciones individuales.

En síntesis, este proyecto plantea una solución mixta, en época de invierno los habitantes cuentan con una provisión de agua de lluvia alta, por lo que se propone que en invierno se abastezcan de agua lluvia y que el tanque de recolección de agua lluvia se conecte al filtro lento, de manera que cerrando la válvula que trae el agua del pre filtros horizontal, el filtro de arena filtre el agua lluvia y posteriormente se desinfecte.

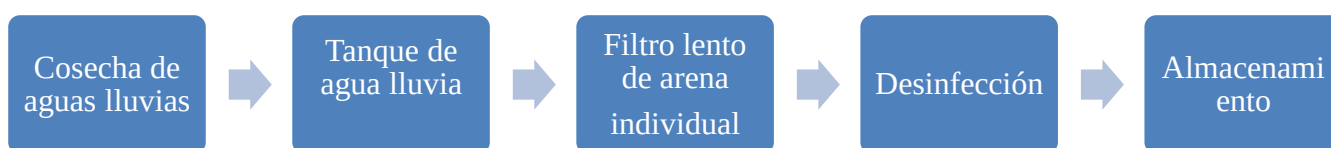
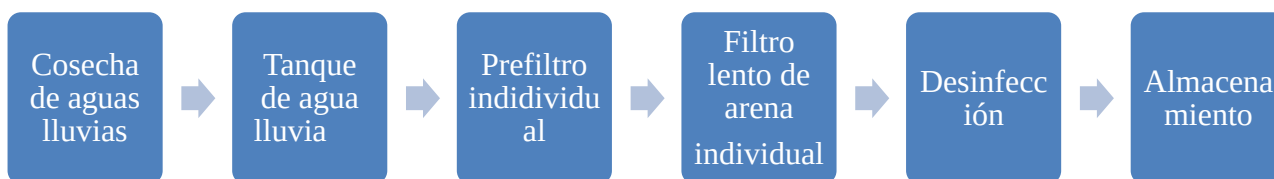


Figura 31 Resumen del diseño

Si los habitantes definitivamente optan por una solución individual se propone el siguiente esquema



10. Conclusiones

El estado de los cuerpos de agua estudiados es óptimo, sus condiciones son favorables y se evidencia que están muy bien cuidados se nota la preocupación de las personas por preservar la calidad de sus recursos hídricos, pero al no tener una fuente de abastecimiento que impida y controle el paso del agua la población tiende al desperdicio cuando se conectan las mangueras a un cuerpo de agua y se han llenado todas las canecas el agua se riega sin medida pues no hay como cerrar el paso. La mayoría de veredas circundantes demuestran la misma preocupación hacia el recurso, este proyecto se podría ampliar a la totalidad del área de la vereda Zumbe correspondiente al municipio de La Palma, La Peña y Caparrapí y servir de guía a otras veredas.

Se lograron cumplir los objetivos planteados en el proyecto a partir de las actividades propuestas logrando proponer el sistema de potabilización más adecuado para la vereda, Filtración lenta de arena.

En la búsqueda bibliográfica se evidencia que no hay mayores estudios, proyectos o programas para brindar el agua potable a esta comunidad rural, solo existen metas prometidas en los planes de desarrollo que cambian cada 4 años, pero esas metas nunca son alcanzadas. Las cabeceras de los municipios buscan siempre soluciones como acueductos y PTAP, que son complicadas en áreas rurales y se estancan por el costo y el nivel de dificultad, no se tienen en cuenta otras opciones y así los habitantes del área rural siguen sin tener acceso al agua potable.

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

Los filtros de arena lento demostraron ser una muy buena opción de tratamiento de agua en las zonas rurales debido a la calidad del agua, comprobando una vez más que la naturaleza es muy sabia ya que estos filtros simulan el proceso natural de filtrado del agua subterránea queda comprobado que si todos los cuerpos de agua dulce fueran tan bien preservados como los estudiados no se necesitarían más que filtros lentos de arena.

La correcta toma de muestras es muy importante en el proceso de caracterización de la calidad del agua, debido a que hay muchos factores que pueden alterar a la misma y hacer que los datos fluctúen, también influye el tiempo de preservación de la muestra y el punto de captación de la misma.

Teniendo en cuenta soluciones tan sencillas, fácilmente aplicables y económicas, la población rural del país y del mundo puede tener acceso al agua potable y disminuir de manera rápida la brecha entre el área rural y la urbana, rompiendo ese estigma de que las soluciones son acueducto y plantas de tratamiento para que se realice todo como debe ser cuando estas no tienen en cuenta todos los retos que tienen las áreas y rurales y solo producen estancamiento a la hora de brindar el servicio de agua potable y mejorar la calidad de vida.

La población de la vereda ha decrecido y no muestra indicios de un crecimiento pronto, sobre todo porque la mayoría de la población son personas ya mayores que están arraigados a la tierra además los jóvenes cuando van creciendo prefieren ir en busca de nuevas oportunidades en ciudades, debido a las condiciones que se viven en la vereda principalmente la desvalorización de la panela lo cual ha representado muchas pérdidas para ellos.

La mayoría de la población concordó en que la mejor solución para que tuvieran agua potable en su territorio sería una solución individual dado que están muy dispersos y que no cuentan con una estabilidad económica para pagar recibos de cobro. Se propone una solución mixta la cual incluye la solución individual, el filtro lento de arena, la cual es la más económica su costo oscila entre 258000 \$ - 300000\$ por hogar el cual se puede usar tanto en invierno como en verano, también se incluye el diseño de un pre filtro para las aguas del río lo cual será la solución en verano en caso de que la reserva de agua no alcance para el abastecimiento en verano, esto en pro de que la comunidad no deje de tener acceso al agua potable en ninguna época.

El agua tratada directamente con el filtro lento de arena sin coagulantes cumple casi en su totalidad con los parámetros de agua potable, posiblemente con la capa biológica formada en el filtro los pocos coliformes que quedaron en el agua potable sean removidos con facilidad.

Se evidencia la brecha entre el ámbito rural y el urbano al darnos cuenta que en los POMCAS no están incluidos estos cuerpos de agua, a los cuales debería hacerseles más seguimiento ya que para esta población representa su abastecimiento de agua y que representan una parte importante de la subcuenca del Río Pata.

El agua del Río debido a su alto contenido de hierro sabe mal y macha la ropa a esto se debe que la población comenta que el agua es amarga, a pesar de este parámetro se seleccionó este cuerpo de agua ya que aunque la filtración lenta funciona perfectamente en los dos cuerpos de agua y sus características son similares, el río se encuentra más cerca a la mayoría de viviendas puesto que atraviesa la vereda.

Se de alta importancia establecer proyectos de potabilización y abastecimiento de agua potable en la vereda puesto que el nivel de cobertura es de 0, además es de una alta importancia realizar pruebas

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

de tratabilidad siempre que se va a implementar un método de potabilización puesto que de ello dependen los procesos que se deben llevar a cabo, el nivel de complejidad, los costos y demás parámetros que muchas veces hacen inviables los proyectos de potabilización en el ámbito rural ya que al no hacer las pruebas de tratabilidad se proponen PTAP con procesos complejos que no tienen en cuenta la calidad del agua cruda y que muchas veces empeoran la calidad del agua.

La solución definitivamente más viable para esta vereda, es el filtro lento de arena, teniendo en cuenta la calidad del agua cruda y las pruebas de tratabilidad además de todos los retos que representa la población rural, con el trabajo de campo se pudo evidenciar que las veredas de Útica, Cundinamarca en su totalidad cuentan con una población dispersa y el proyecto se puede replicar a la totalidad de la zona rural del municipio.

11. Recomendaciones

Se le recomienda a la alcaldía municipal y a las entidades pertinentes invertir en proyectos más viables teniendo en cuenta la posición socioeconómica de las veredas y los demás aspectos que en el presente proyecto se estudiaron haciendo énfasis en que no siempre la solución más rentable es el acueducto o una PTAP.

Se le recomienda a los habitantes de la vereda que se apropien de sus derechos y que exijan una mejora en su calidad de vida, que trabajen juntos y que logren por sus medios demostrar que hay formas simples de brindarles agua potable que no acepten más excusas.

Se recomienda usar en los filtros lentos de arena, arena de río puesto que la arena fina de construcción presenta una coloración amarillenta que permanece en el agua tratada y no deja un buen aspecto en el recurso, la grava y arena se pueden tomar directamente del Río Zumbe, lo cual hace de esta solución una más rentable. Además, se recomienda que los filtros tengan siempre una capa de agua para que la capa biológica no muera.

Para futuros proyectos en la zona se recomienda enfocarse en el tema de las cocinas con leña para proponer nuevos sistemas que sean más eficientes y no causen problemas tanto ambientales como en la salud de la población.

Para los laboratorios de filtración se recomienda dejar filtrar por al menos 5 días, para que el filtro este totalmente limpio y los resultados sean más confiables. Simulando así el proceso con la capa biológica ya formada. Además, se recomienda realizar un seguimiento más detallado del agua cruda durante todo el año hallando los caudales en diferentes épocas del año al igual que su calidad.

Se recomienda realizar una prueba piloto en una de las casas para probar el sistema propuesto, realizando ajustes y viendo su viabilidad de réplica teniendo en cuenta las características de cada uno de los hogares, optar por instalar una columna de carbón activado antes del proceso de desinfección al final del filtro para mejorar el sabor del agua bebida.

En la vereda también existe un problema de saneamiento básico por lo tanto resuelto el problema de abastecimiento de agua potable se recomienda proponer soluciones para la disposición de aguas residuales y de disposición de residuos sólidos, ya que la vereda no cuenta con un PGIRS como se indica en el RAS.

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

En futuros proyectos optar por la posibilidad de aplicación de PML en los trapiches y en los cultivos para que todas las materias primas sean usadas de manera eficiente, además se recomienda el estudio económico de la panela en vista del declive que ha tenido y ha producido una baja en la calidad de vida de los habitantes.

Se recomienda realizar planes de ordenamiento territorial integrado en los municipios con jurisdicción de la vereda Zumbe, es decir La Palma, Utica, La Peña y Caparrapí, puesto que se brindarían soluciones más sostenibles a la comunidad y que representarían soluciones más viables.

Se recomienda agregar un análisis de costos para indicarle a la comunidad el valor de la inversión y de aquellos costos que pueden descontarse por el uso de materiales y mano de obra local.

Finalmente se recomienda una revisión de tecnologías compactas para evaluar su funcionamiento frente a las propuestas presentadas y métodos de uso eficientes y ahorro del agua para que el recurso no se desperdicie con las conexiones improvisadas.

12. Bibliografía

- Agua, R. I. (2012). Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas. En R. I. Agua, *Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas* (págs. 163-165). Concepcion.
- Aristizabal, L. M. (2015). ANÁLISIS DE LOS DISEÑOS DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAPOTABLE (PTAP) Y CALIDAD DEL AGUA CRUDA Y TRATADA EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA. Bogota D.C, Colombia.
- BVSDE. (s.f.). BVSDE. Obtenido de BVSDE:
<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/020867/020867-17.pdf>
- CEPIS. (2004). Filtracion lenta. Lima, Colombia.
- CEPIS. (2004). Mezcla rapida. En CEPIS, *Tratamiento de agua para consumo humano* (págs. 227-245). Lima, Peru. Obtenido de CEPIS.
- City, P. (17 de 08 de 2018). *Population.City*. Obtenido de Population.City:
<http://poblacion.population.city/colombia/utica/>
- Corantioquia. (2014). Manual Piragüero. Medellin, Antioquia, Colombia.
- DNP. (2015). *Departamento nacional de planeación*. Obtenido de Departamento nacional de planeación: <https://www.dnp.gov.co/programas/vivienda-agua-y-desarrollo-urbano/Paginas/agua-potable-y-saneamiento-basico-.aspx>
- Donato, J. M. (2004). PLAN DE DESARROLLO UTICA 2004-2007. Útica, Cundinamarca, Colombia.
- Espinosa, J. A. (2013). Alternativa para la potabilizacion de agua en zonas rurales. *Revista ambiental agua, aire y suelo*, 37-39.
- Gonzales, A. (s.f.). TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO Y DESINFECCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Mexico.
- Hernandez, J. (28 de Mayo de 2012). PLAN DE DESARROLLO. Utica, Cundinamarca, Colombia.
- Manjarrés, J. F. (2018). *Programa de Abastecimiento y Saneamiento Rural y Periurbano*. Colombia.
- Minambiente. (2018). Obtenido de Minambiente:
<http://www.minambiente.gov.co/index.php/gestion-integral-del-recurso-hidrico>
- MINISTERIO DE AMBIENTE, V. Y. (22 de Junio de 2007). RESOLUCIÓN NÚMERO 2115. Colombia.
- Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (22 de Junio de 2007). *Resolución 2115*. Obtenido de
http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislaci%C3%B3n_del_agua/Resoluci%C3%B3n_2115.pdf
- Ministerio de vivienda, c. y. (2014). Agua Salud y Vida. Bogotá, Colombia. Obtenido de Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.:
<http://www.minvivienda.gov.co/MaterialDidacticoAgua/Cartilla%20Agua,%20Salud%20y%20Vida.pdf>
- MINVIVIENDA. (2018). *minvivienda.gov*. Obtenido de minvivienda.gov:
<http://www.minvivienda.gov.co/viceministerios/viceministerio-de-agua/programas/proyectos-rurales>
- Morantes, C. N. (22 de 07 de 2018). Contraloría denunció irregularidades en 23 proyectos de acueductos. Bogotá, Colombia.

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

- Muñoz, H. S. (2016). DISEÑO HIDRÁULICO DE UNA PLANTA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA EN LA VEREDA DE SAN ANTONIO DE ANAPOIMA. Bogota, Colombia.
- OMS. (2006). Guías para la calidad del agua potable.
- ONU. (2012). El agua y el saneamiento en el Informe sobre los Objetivos de Desarrollo del Milenio 2012. Zaragoza, España.
- OPS. (2000). Tecnologías apropiadas en agua potable y saneamiento básico. Colombia.
- Palomero, J. (2016). The importance of Hygienics and Clean Water Treatment in Valencia (1860-1910). *Scholarly Journals*, 12-23.
- Parra, C. A. (2014). El filtro de arena lento : manual para el armado, instalación y monitoreo. Colombia.
- Peña, M. E. (Abril de 2018). EJECUTAR PROYECTOS DE AGUA Y SANEAMIENTO EN EL SECTOR RURAL: RETOS Y DESAFÍOS EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE.
- PGR. (2012). Plan de gestión de riesgo del municipio de Útica departamento de cundinamarca. Útica, Cundinamarca, Colombia.
- PNUD. (2018). www.undp.org. Obtenido de [www.undp.org](http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-6-clean-water-and-sanitation.html): <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-6-clean-water-and-sanitation.html>
- Publica, M. d. (10 de Marzo de 1998). Decreto 475. Colombia.
- RAS. (2000). RAS Título A ASPECTOS GENERALES DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. Bogota D.C, Bogota D.C, Colombia.
- RAS. (2010). Título J Alternativas Tecnológicas en Agua y Saneamiento para el Sector Rural. En V. d. saneamiento, *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS* (págs. 15-146).
- Rojas, G. A. (14 de Enero de 2011). LA ZONIFICACIÓN AMBIENTAL EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA MEDIA DEL RIO NEGRO. Útica, Cundinamarca, Colombia.
- Romero, J. A. (Julio de 2005). Calidad del agua. Colombia.
- salud, M. d. (26 de Julio de 1983). Decreto 2105 de 1983. Bogota, Colombia.
- Sampieri, D. R. (2014). Metodología de la investigación. En D. R. Sampieri, *Metodología de la investigación* (págs. 7-28). México D.F.: McGRAW-HILL.
- Schulz, C. R. (1998). *Tratamiento de aguas superficiales para países en desarrollo*. Limusa.
- SIASAR. (2018). SIASAR. Obtenido de SIASAR: <http://www.siasar.org/es/paises/colombia>
- Sierra, P. A. (2004). Plan de desarrollo municipio de Útica 2004- 2007. Útica, Cundinamarca, Colombia.
- SOCIAL, M. D. (16 de Enero de 2009). RESOLUCIÓN 82 DE 2009. Colombia.
- Tiempo, E. (03 de 02 de 1996). *eltiempo*. Obtenido de *eltiempo*: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-365819>
- UNDP. (2015). UNDP. Obtenido de UNDP: <http://www.co.undp.org/content/colombia/es/home/post-2015/sdg-overview/goal-6.html>
- Useche, M. (12 de 07 de 2017). Acceso al agua potable. (T. Bernal, Entrevistador)
- WHO. (2017). EURO.WHO. Obtenido de EURO.WHO: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0019/340561/Serbia_waterWeb.pdf
- WHO. (2018). www.who.int. Obtenido de www.who.int: http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases-risks/es/

Anexos

1. Entrevista realizada a la población.

ENTREVISTAS A LA POBLACIÓN PARA SABER SI ES APLICABLE LA SOLUCIÓN INDIVIDUAL

Nombre:

1. La vivienda ocupada por este hogar es:

- a. Propia totalmente pagada.
- b. Propia, se está pagando.
- c. En arriendo. d. Otra, especifique.

2. ¿El lote donde está ubicada la vivienda es legalizado?

- a. Sí.
- b. No.
- c. No sabe.

3. Topografía del terreno: la vivienda está ubicada sobre un terreno (puede señalar varias opciones):

- a. Plano.
- b. Ladera.
- c. Inundable.
- d. Relleno.
- e. Irregular.

4. ¿De dónde toman principalmente el agua para consumir en la vivienda? (puede señalar varias opciones de respuesta)

- a. Pozo con bomba o aljibe.
- b. Laguna o aljibe.
- c. Río, quebrada o manantial.
- d. Aguas lluvias.

5. ¿Con qué regularidad ustedes obtienen el agua de esta forma?

- a. Permanente, es decir, 24 horas al día.
- b. Horario establecido.
- c. De manera irregular.
- d. No posee abastecimiento.

6. ¿En qué almacenan el agua para consumo humano? (puede señalar varias opciones).

- a. Recipiente o tanque con tapa.
- b. Recipiente o tanque sin tapa.

Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

c. No almacena.

7. ¿En caso de usar tanque o recipiente, ¿cada cuánto lo lava?

a. Diariamente

b. semanalmente

c. Quincenalmente

d. Mensualmente

e. Semestralmente

f. Anualmente.

g. No lo lava

8. ¿En dónde está ubicado el tanque o recipiente?

a. Interior de la vivienda.

b. Exterior de la vivienda bajo techo.

c. Exterior de la vivienda sin techo.

9. ¿Qué hace con el agua antes de tomarla? (señale una sola opción).

a. La consume sin tratamiento.

b. La hierven previamente. ¿Cuánto tiempo la hierven?

c. La filtran.

d. Le aplica cloro.

e. Otro. Especifique

10. Que tan importante considera contar con un sistema de potabilización de agua

a. Muy importante

b. No es importante

11. ¿Es mejor una solución colectiva o individual para el agua potable?

12. ¿Están organizados en la comunidad? Por ejemplo, en asociaciones de productores o junta de acción comunal

13. ¿Han hecho trabajos conjuntos? ¿Cómo les ha ido?

14. ¿Tiene la opción de invertir en un sistema de tratamiento de agua potable? ¿Cuánto más o menos puede invertir?

15. ¿En caso de contar con una solución colectiva, como la administrarían?