
**EVALUACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA Y CALIDAD DEL AGUA
SUPERFICIAL DEL ACUEDUCTO VEREDAL “LOS TANQUES” EN LA
VEREDA DE SAN ISIDRO, CÓMBITA BOYACÁ**

KELLY JOHANA QUIROGA FUQUEN

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.
2020**



**EVALUACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA Y CALIDAD DEL AGUA
SUPERFICIAL DEL ACUEDUCTO VEREDAL “LOS TANQUES” EN LA VEREDA DE
SAN ISIDRO, CÓMBITA BOYACÁ**

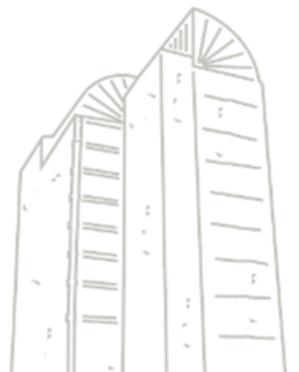
**TRABAJO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERA CIVIL**

DIRECTOR:

Dr. RAFAEL ALBERTO FONSECA CORREA

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.**

2020



NOTA DE ACEPTACIÓN

Una vez realizada la revisión metodológica y técnica del documento final de proyecto de grado, doy constancia de que el (los) estudiante (s) ha cumplido a cabalidad con los objetivos propuestos, cumple a cabalidad con los Lineamientos de Opción de Grado vigentes del programa de Ingeniería Civil y con las leyes de derechos de autor de la República de Colombia, por tanto, se encuentra(n) preparado(s) para la defensa del mismo ante un jurado evaluador que considere idóneo el Comité de Investigaciones del Programa de Ingeniería Civil de la Universidad Piloto de Colombia.



Dr. Rafael Alberto Fonseca Correa

Director del Proyecto



DEDICATORIA

Este proyecto de investigación es dedicado principalmente a mi abuelita Lilia Pardo, por su apoyo incondicional, creer en mí y ayudarme a llevar este proyecto de vida a cabo; A mi hijo Thiago, por ser fuente de inspiración para culminar mi carrera universitaria.

AGRADECIMIENTOS

El presente proyecto de investigación deseo expresar mi agradecimiento a mi director de tesis Dr. Rafael Fonseca, quien brindó su acompañamiento constante, asesorándome y brindándome todo su conocimiento para poder culminar este proyecto con éxito y a todos los docentes que hicieron parte de mi formación académica durante mi proceso universitario.



1. RESUMEN

El presente proyecto se enmarca en un estudio cualitativo y cuantitativo del acueducto veredal denominado “Los Tanques”, del municipio de Cóbbita – Boyacá, debido a que éste presenta una problemática medio ambiental y social, en una zona de alto interés por el crecimiento de su población, lo que justifica los procesos respecto a la gestión sostenible del territorio y la línea de aguas.

Con base en lo mencionado anteriormente, se realiza este proyecto de investigación que consiste en un diagnóstico del estado actual del recurso hídrico y cantidades suministradas por el acueducto veredal “Los Tanques” ubicado en la vereda San Isidro, Cóbbita Boyacá, con el fin de evaluar si es apto para el consumo humano y en caso de no ser así realizar una propuesta de mejoramiento con el fin de mitigar el riesgo de salubridad en la población.

Para realizar una buena caracterización del área de estudio se realizan visitas de campo donde se entrevistó a la comunidad, funcionarios de Servicios Públicos Domiciliarios de Cóbbita Boyacá y demás personal involucrado de la Alcaldía municipal de Cóbbita , Boyacá; adicionalmente se toman pruebas de presiones y se recolectan muestras del recurso hídrico para realizar un estudio de caracterización físico químico del agua que se analizan en los laboratorios de la Universidad Piloto de Colombia.

Dentro de este proyecto de investigación se obtuvo que el recurso hídrico no se cuenta con la mejor calidad, debido a que no se realiza ningún tratamiento para potabilizar el agua, adicionalmente la infraestructura que conforma dicho acueducto se encuentra en muy malas condiciones, teniendo esto repercusiones en la calidad del agua que llega a las residencias.

Adicionalmente se encontró que no cuenta con ningún plano de la red hídrica de abastecimiento, hay tramos donde no se conoce exactamente por donde pasa la tubería, aunque el acueducto actualmente brinda el servicio sin suspensión.

Se recomienda para su óptimo funcionamiento realizar un mantenimiento y adecuación de las estructuras existentes en la bocatoma, así mismo, realizar un tratamiento de agua por medio de una planta de tratamiento con el fin de mejorar el IRCA.

Palabras clave: Acueducto veredal, Potabilización, IRCA, PTAP, Comunidad, Calidad, Cóbbita, Boyacá.



ABSTRACT

This project is part of a qualitative and quantitative study of the village aqueduct called "Los Tanques", of the municipality of C6mbita - Boyac6, due to the fact that it presents an environmental and social problem, in an area of high interest due to the growth of its population, which justifies the processes regarding the sustainable management of the territory and the water line.

Based on the above, this research project is carried out, and now we can make a diagnosis of the current state of the water resource and quantities supplied by the "Los Tanques" local aqueduct located in the San Isidro village, C6mbita Boyac6, in order to assess whether It is suitable for human consumption and if not, make an improvement proposal in order to mitigate the health risk in the population.

To make a good characterization of the study area, field visits are carried out where the community, officials from the C6mbita Boyac6 Residential Public Services and other personnel involved from the C6mbita, Boyac6 municipal mayor's office were interviewed; additionally, pressure tests are taken, and samples of the water resource are collected to carry out a study of physical-chemical characterization of the water that are analyzed in the laboratories of the Universidad Piloto de Colombia.

Within this research project, it was obtained that the water resource does not have the best quality, because no treatment is carried out to make the water drinkable, additionally the infrastructure that makes up this aqueduct is in very poor condition, having repercussions in the quality of the water that reaches the residences.

Additionally, it was found that it does not have any plan of the water supply network, there are sections where it is not known exactly where the pipeline passes, although the aqueduct currently provides the service without suspension.

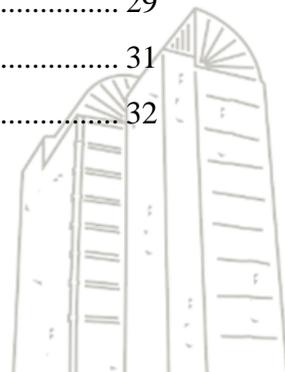
It is recommended for its optimal operation to carry out maintenance and adaptation of the existing structures in the intake, likewise, to carry out a water treatment through a treatment plant in order to improve the IRCA.

Keywords: Sidewalk aqueduct, Purification, PTWT, Community, Quality, C6mbita, Boyac6.

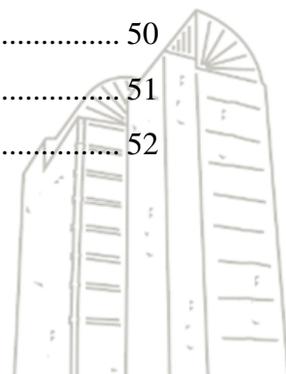


TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN	5
2. GLOSARIO	12
3. INTRODUCCIÓN	14
4. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	15
5. FORMULACION DEL PROBLEMA.	15
6. JUSTIFICACIÓN	16
7. OBJETIVO	17
7.1. Objetivo general.	17
7.2. Objetivos específicos.....	17
CAPITULO I	17
8. MARCO DE REFERENCIA.....	17
8.1. Antecedentes de campo de estudio.....	17
8.1.1. Antecedente histórico.....	17
8.2. Marco geográfico.	19
8.2.1. Ubicación	19
8.2.2. Precipitación.	23
8.2.3. Temperatura	23
8.2.4. Humedad relativa.....	24
8.2.5. Evaporación	24
8.2.6. Relieve	24
8.2.7. Geología y litología.....	24
8.2.8. Suelo y subsuelo.	25
8.2.9. Cuencas hídricas.	25
8.3. Marco Conceptual.	29
8.3.1. Problemática:	29
8.3.2. Demografía.	29
8.3.3. Economía	31
8.3.4. Uso del suelo de influencia:	32



8.4.	Marco Teórico	33
8.4.1.	Acueducto veredal.	33
8.4.2.	Acueducto por gravedad	33
8.4.3.	Índice de Riesgo de Calidad del Agua (I.R.C.A).....	34
8.4.4.	Test de Jarras:	34
8.4.5.	Proceso de coagulación-floculación.	34
8.5.	Marco Legal.	38
8.5.1.	Normativa.	38
8.5.2.	Características Microbiológicas.....	39
8.5.3.	Características Físicas	39
8.5.4.	Características Químicas.....	40
9.	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN	41
9.1.	Metodología.	41
9.2.	Tipo de Estudio.	43
9.3.	Tipo de diseño	44
10.	RESULTADOS OBTENIDOS.....	44
10.1.	Documentación del acueducto:.....	44
10.1.1.	Concesión del agua:	44
10.2.	Trabajo de campo:	45
10.2.1.	Visita 1:	45
10.2.2.	Visita 2:	45
10.2.3.	Visita 3:	46
10.2.4.	Visita 4:	46
10.2.5.	Visita 5:	47
11.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	47
11.1.	Análisis del sistema	47
11.1.1.	Descripción general.....	47
11.1.2.	Ubicación	49
11.1.3.	Fuente de abastecimiento.	50
11.1.4.	Captación:.....	51
11.1.5.	Descripción técnica.	52



11.1.5.1. Bocatoma:.....	53
11.2. Apreciación del usuario hacia el acueducto.	57
11.3. Análisis fisicoquímico	61
11.3.1. Análisis físicos y químicos.....	61
11.3.2. Test de Jarras	63
11.4. Análisis microbiológico.....	70
11.5. Índice de riesgo de calidad del agua (I.R.C.A.).....	71
11.5.1. Bocatoma.....	71
11.5.2. Residencial	75
11.6. Modelo de presiones del sistema.....	78
12. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO	83
13. RECOMENDACIONES	85
14. CONCLUSIONES.....	86
15. BIBLIOGRAFIA.....	88



LISTADO DE TABLAS

Tabla 1:Población por área de residencia, Municipio de Cóbbita, Boyacá 2017.	30
Tabla 2:Características Microbiológicas.....	39
Tabla 3:Características Físicas.....	40
Tabla 4: Características Químicas	41
Tabla 5: Descripción general del acueducto veredal	48
Tabla 6:Ubicación de la fuente abastecedora: quebrada La Carbonera	51
Tabla 7:Ubicación de la fuente abastecedora: quebrada La Carbonera	51
Tabla 8: Tabla de resultados de muestras iniciales.	61
Tabla 9: Concentración de sulfato de aluminio en las jarras.	64
Tabla 10: Test de Jarras de muestra de la bocatoma.....	64
Tabla 11: Test de Jarras de muestra de la Vivienda.....	65
Tabla 12: Características microbiológicas	70
Tabla 13: Puntaje de Riesgo IRCA para la Bocatoma	72
Tabla 14: Resultado de laboratorio de muestra de bocatoma	73
Tabla 15:Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra.....	74
Tabla 16:Puntaje de Riesgo IRCA residencial.....	75
Tabla 17: Resultado de laboratorio de muestra de la residencia.....	76
Tabla 15:Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra.....	77
Tabla 18: Coordenadas y presiones	78

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1:El Tilín con sus tumbas y mallas, los caminos reales y los pictogramas en la vereda de San Martín y El Carmen.....	19
Ilustración 2:Mapa departamento de Colombia, división política del departamento de Boyacá..	20
Ilustración 3: Mapa de Cóbbita, Boyacá con sus límites. Análisis de Situación de Salud con el Modelo de los Determinantes Sociales de Salud Cóbbita,	21
Ilustración 4: Mapa división política del municipio de Cóbbita.....	22
Ilustración 5: Principales fuentes hídricas presentes en el municipio de Cóbbita, Boyacá,	28
Ilustración 6 : Tercera visita de reconocimiento en campo	46
Ilustración 7:Ubicación Acueducto veredal “Los Tanques”.....	50
Ilustración 8: Ubicación de la bocatoma y Tanque de almacenamiento.....	53
Ilustración 9:Tanque de Bocatoma	54
Ilustración 10: Orificio de control con rejilla	54
Ilustración 11: Tubería de salida de la bocatoma.....	55
Ilustración 12:Tanque de Almacenamiento	56
Ilustración 13:Salida del tanque de abastecimiento	57
Ilustración 14: Georreferenciación de la Red de distribución	80

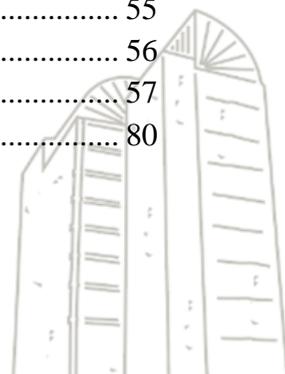


Ilustración 15: Modelamiento de red de distribución 81

LISTADO DE GRAFICAS

Grafica 2:Población por sexo y grupo de edad Municipio de Cómbita, Boyacá 2017 31

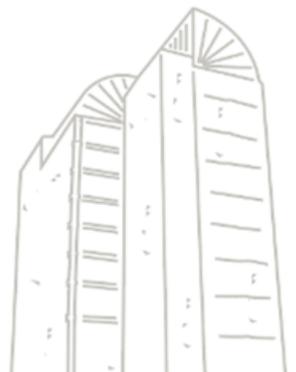
Grafica 3:Respuesta de la pregunta: ¿La calidad del agua que recibe en su vivienda es buena?. 58

Grafica 4: Respuesta de la pregunta: ¿Consume usted el agua cruda que llega a su vivienda? ... 58

Grafica 5: Respuesta de la pregunta: ¿La cantidad del agua que llega a su lugar de residencia es buena? 59

Grafica 6:Respuesta de la pregunta: ¿Usted o alguno de sus familiares que consume el agua a presentado enfermedades por el consumo de esta?,..... 59

Grafica 7:Respuesta de la pregunta: ¿En el último año ha presentado suspensiones en el servicio? 60



2. GLOSARIO

ACIDEZ: Capacidad de una solución acuosa para reaccionar con iones hidroxilo. Se mide cuantitativamente por titulación con una solución alcalina normalizada y se expresa usualmente en términos de mg/L como carbonato de calcio.

AGUA CRUDA: Agua que no ha sido filtrada o sometida a procesos de tratamiento, con el fin de que cumpla con los estándares de potabilización y desinfección.

AGUA POTABLE: 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.

ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO DEL AGUA: pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar sus características físicas, químicas o ambas.

BACTERIA: grupo de organismos microscópicos unicelulares, rígidos carentes de clorofila, que desempeñan una serie de procesos de tratamiento que incluyen oxidación biológica, fermentaciones, digestión, nitrificación y desnitrificación.

DESINFECCIÓN: Proceso físico o químico que permite la eliminación o destrucción de los organismos patógenos presentes en el agua.

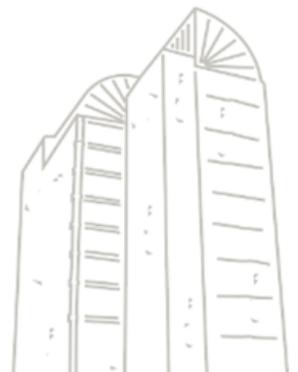
EFLUENTE: Líquido que sale de un proceso de tratamiento.

FILTRACIÓN: Proceso que consiste en retener las partículas suspendidas y coloidales que no se sedimentaron, haciéndolas pasar por un medio poroso. Es una de las principales operaciones que se realiza en toda planta de tratamiento y existen varios tipos de filtración como: Filtración gruesa, filtración rápida, entre otras.

FUENTE DE ABASTECIMIENTO: Depósito o curso de agua superficial o subterránea, utilizada en un sistema de suministro a la población, bien sea de aguas atmosféricas, superficiales, subterráneas o marinas.

LA CLORACIÓN: proceso que se realiza para proteger el agua de posteriores contaminaciones.

NACEDERO: es una fuente natural de agua que brota del suelo o rocas. Se origina por la filtración de agua en una cota alta y emerge en otra de menor. El flujo de esta puede ser permanente o temporal.



OPTIMIZACIÓN: proceso de diseño y/o construcción que resulta ser más eficiente que el anterior, incrementar su capacidad o la de sus componentes, aprovechando al máximo todos los recursos disponibles.

PLANTA DE TRATAMIENTO O DE POTABILIZACIÓN: Conjunto de obras, equipos y materiales necesarios para efectuar los procesos que permitan cumplir con las normas de calidad del agua potable.

POBLACIÓN SERVIDA O ATENDIDA: es el número de personas abastecida por un sistema de suministro de agua.

TRATAMIENTO O POTABILIZACIÓN: Es el conjunto de operaciones y procesos que se realizan sobre el agua cruda, con el fin de modificar sus características físicas, químicas y microbiológicas, para hacerla apta para el consumo humano

RIESGO: Probabilidad de que un agente o sustancia produzca o genere una alteración a la salud como consecuencia de una exposición al mismo.

Definiciones tomadas de las normas: Decreto 1575 de 2007 y Resolución 2115 de 2007.



3. INTRODUCCIÓN

El ministerio de vivienda, ciudad y territorio en el año 2015 informo que más de la mitad de la población rural colombiana no cuentan con servicio de acueducto y alcantarillado, lo que evidencia la problemática actual que viven muchos colombianos al no contar con servicio de agua potable, adicionalmente otra gran parte de la población tiene acceso al liquido por medio de acueductos veredales que no cuentan con la infraestructura para ofrecer un servicio de calidad, por esta razón, es de suma importancia para la nación solventar dicha problemática ya que el consumo de este líquido es vital para los seres humanos y está directamente relacionado con la salud publica ya que el consumo de agua en mal estado puede ocasionar enfermedades letales.

Este proyecto de investigación busca realizar un diagnóstico detallado sobre la calidad del agua que proporciona el acueducto veredal “Los Tanques” ubicado en el municipio de Cómbita, Boyacá, el cual abastece a la vereda de San Isidro, con el fin de conocer el estado actual del recurso hídrico y de esta forma poder implementar un proyecto de mejoramiento en el tratamiento de esta agua, de esta forma mejorar la calidad de vida de los habitantes de la vereda y mitigar enfermedades que pongan en riesgo la salud pública.

Adicionalmente es importante mencionar que la alcaldía municipal de Cómbita, Boyacá no cuenta con información respecto a la calidad del agua de este acueducto veredal, lo que deja un sin sabor para los habitantes que se abastecen de este acueducto, ya que desconocen la calidad del agua que consumen y están propensos a portar cualquier enfermedad a causa de este consumo.



4. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.

Grupo de investigación: GUIAS.

Línea de Investigación Institucional: Hábitat, biodiversidad y tecnologías sostenibles – HBTS.

Línea de Investigación del programa: Sostenibilidad de la Infraestructura.

Línea de Investigación grupo de Investigación: Gestión y tecnologías del agua.

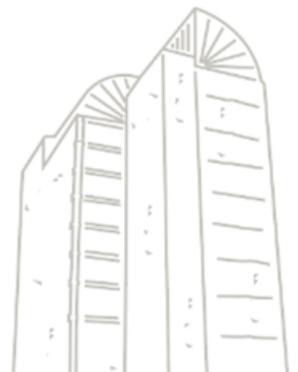
Nombre del semillero de Investigación: Gestión de la Infraestructura para el desarrollo.

5. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

En la vereda de San Isidro en el municipio de Cóbbita Boyacá, actualmente la población cuenta con un acueducto veredal llamado “los tanques” el cual no proporciona agua en condiciones óptimas para el consumo del ser humano, en la información contenida en el CONPES 3918 - Estrategia para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en Colombia, se muestra una cobertura para el año 2017 del 97,4% en suelo urbano, en cuanto al acceso a agua potable en suelo rural para ese año fue del 73,2%.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), determinan que existen más de 25 enfermedades que pueden ser causadas por la contaminación del agua. De las enfermedades más comunes que se presentan en Colombia son: Diarrea aguda, hepatitis A, fiebre tifoidea, entre otras.

Por lo anterior, se quiere realizar una investigación que será compartida con la entidad prestadora del servicio de acueducto, donde se suministrará información sobre la calidad del agua y modelamiento de la red de distribución teniendo en cuenta factores como lo son presiones y cotas de este acueducto realizando pruebas físicas, químicas, microbiológicas y de presiones del agua que proporciona el acueducto veredal “los tanques”. Con base a lo anterior se formula la siguiente pregunta problema: **¿Cómo es en la actualidad la calidad del agua y la red de distribución? ¿A partir de este diagnóstico es posible implementar una mejora en el acueducto veredal Los Tanques para que este se vea reflejado en el consumo de agua para los habitantes de la vereda San Isidro del municipio de Cóbbita, Boyacá?**



6. JUSTIFICACIÓN.

La clasificación de la calidad del agua se da teniendo en cuenta su uso, es decir, para que va a ser empleada, el cual puede ser uso doméstico, agrícola, recreativo, ganadero y como hábitat, entre otros usos. No obstante, es importante tener en cuenta que después de dicho uso, el agua vuelve al sistema hidrológico por esta razón es importante darle un buen tratamiento ya que de no ser así puede verse afectado el ecosistema.

En esta investigación se quiere establecer el estado actual del acueducto veredal y la calidad del agua que proporciona el mismo a la vereda de San Isidro- Cómbita, teniendo en cuenta que este recurso está siendo utilizado por los habitantes de la vereda San Isidro- Cómbita, para sus necesidades primarias como lo son la alimentación y el saneamiento básico, con la finalidad de conocer el estado actual del agua y el acueducto, y así obtener un servicio de calidad cumpliendo todos los parámetros establecidos en la resolución de 2115 ,con el fin de poder mitigar cualquier probabilidad de enfermedad en la población.

Adicionalmente se quiere garantizar que cada habitante de esta vereda tenga acceso a la mínima cantidad de agua potable al día que está considerado según Boletín No. 40 Sobre el consumo y la producción de agua potable y residual en el uso residencial urbano de Bogotá D.C:

” La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera que la cantidad adecuada de agua para consumo humano (beber, cocinar, higiene personal y limpieza del hogar) es de 50 lts/hab-día. A estas cantidades debe sumarse el aporte necesario para la agricultura, la industria y, por supuesto, la conservación de los ecosistemas acuáticos, fluviales y, en general, dependientes del agua dulce. Teniendo en cuenta estos parámetros, se considera una cantidad mínima de 100 l/hab-día” (p, 25), por esta razón se quiere evaluar que las presiones sean optimas en las residencias durante todo el día.

Con base a lo anterior, se quiere implementar un plan de mejoramiento teniendo en cuenta los resultados obtenidos en las pruebas que se realizaran, buscando aprovechar las instalaciones, equipos y profesionales de calidad con los que cuenta la universidad Piloto de Colombia y de esta forma poder brindar una información verídica y valiosa al municipio.



7. OBJETIVO.

7.1. Objetivo general.

Determinar las condiciones actuales del recurso hídrico que fluye a través del acueducto veredal llamado “los tanques” el cual abastece los habitantes de la vereda de San Isidro en el municipio de Cómbita, Boyacá, para de esta forma poder implementar un plan de mejoramiento que sea funcional para el acueducto veredal.

7.2. Objetivos específicos.

- Realizar el diagnóstico del agua por medio de pruebas de las características microbiológicas, físicas y químicas, con el fin de conocer el Índice de Riesgo de Calidad del Agua (I.R.C.A)
- Realizar un análisis sobre la tratabilidad del agua que consumen los habitantes de la vereda San Isidro.
- Evaluar las presiones con las que llega el flujo a las viviendas de la población de la vereda de San Isidro – Cómbita.
- Ejecutar un modelamiento de la red de distribución teniendo en cuenta las presiones y cotas por medio del programa EPANET.
- Plantear soluciones para mejorar la calidad del agua del acueducto veredal con el fin de mitigar impactos en la población

CAPITULO I

8. MARCO DE REFERENCIA

8.1. Antecedentes de campo de estudio

8.1.1. Antecedente histórico.

Lo que en la actualidad se conoce como el municipio de Cómbita- Boyacá en la época precolombina fue habitado por los indígenas tributarios del zaque de Hunza; Su nombre proviene de origen chibcha el cual tiene como significado “Mano de



Tigre y llanto de vida”, según Joaquín Acosta Ortigón (1938) en su texto “El idioma chibcha o aborigen de Cundinamarca” indica que:” Cómbita (Con-Vita): Fuerza de la cumbre. Los indios que habitaban el caserío y en sus dependencias se llamaban los “Cómbita”” (p.35). Siendo uno de los territorios que se encontraba en la lista de repartimientos y pueblos indios de Tunja, el cual estaba gobernado por el jefe tributario del Zaque de Tunja, un cacique de la época.

En la época de la conquista española en 1586, con la llegada de los primeros religiosos evangelizadores “Agustinos Recoletos “, quienes se encargaron de la administración de la población desde su llegada hasta 1764.

Posteriormente en 1776 en Santafé de Bogotá el arzobispo Agustín Alvarado y Castillo dictaron un decreto que consistía en que se crearan nuevas parroquias “en donde quiera que las pidan los feligreses”. Lo que llevo a la creación de uno de los movimientos independentistas de la región que apoyaban la rebelión que el Inca Tupac Amaru había segregado por la América Latina, este con el liderazgo de Clara Tocarruncho descendiente del Zaque de Tunja en unión con Alvarador Tébar, Venecia Aunta Y Domingo Soto, quienes solicitaron que el caserío fuera elevado a la categoría de parroquia.

Actualmente, en las veredas San Martín y El Carmen cuenta con lugares donde se puede evidenciar manifestaciones sociales y culturales del pueblo Chibcha como lo son el Tilin con sus tumbas y mallas, los caminos reales y los pictogramas, estos sitios son ideales para la preservación de la historia.



Ilustración 1: El Tilín con sus tumbas y mallas, los caminos reales y los pictogramas en la vereda de San Martín y El Carmen.



Tomada de: <http://www.Cómbita-boyaca.gov.co/turismo/Cómbita-es-ancestral>

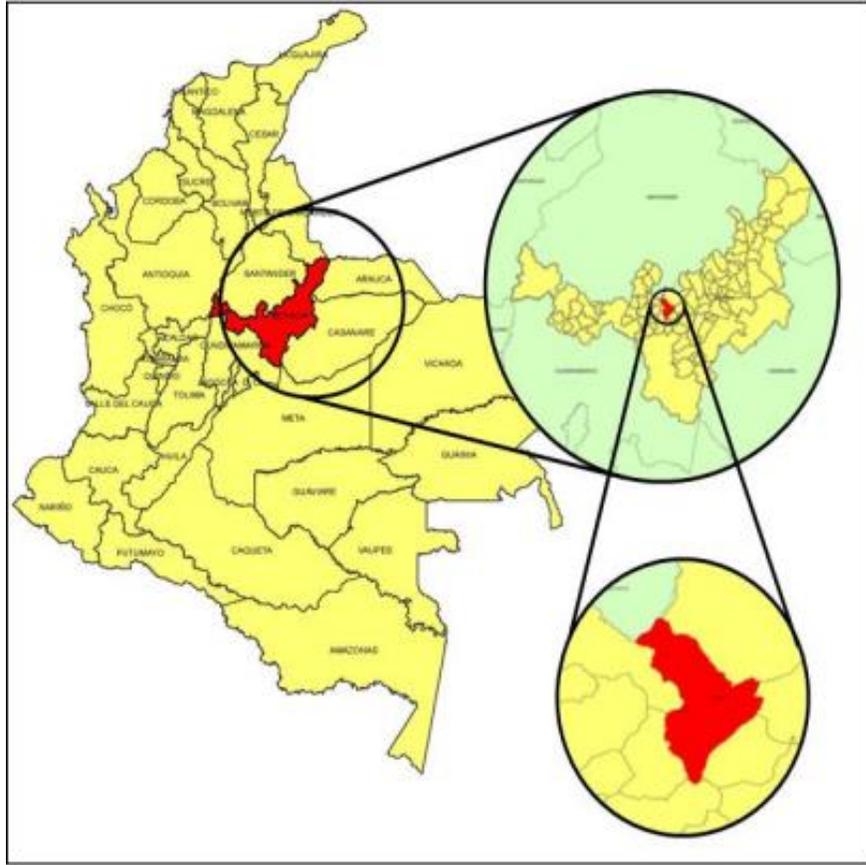
8.2. Marco geográfico.

8.2.1. Ubicación

El Municipio de Cómbita está localizado en la provincia del centro oriente del departamento de Boyacá sobre la cordillera Oriental, el cual hace parte del altiplano boyacense. Ubicado geográficamente a 5 Grados, 39 Minutos y 25 Segundos de Latitud Norte, y a 0 Grados, 30 Minutos y 15 Segundos de Longitud en relación con el meridiano de Bogotá D.C y 73 Grados 20 minutos al Oeste de Greenwich, con una altura promedio sobre el nivel del mar es de 2.825 metros y su temperatura es de 13 grados centígrados. (CORPOBOYACÁ, 2012)



Ilustración 2: Mapa departamento de Colombia, división política del departamento de Boyacá.



Fuente: Estudio (SIAT, Corpoboyacá), 2012

8.2.1.1.Límites del municipio

El municipio de Cómbita limita hacia el norte con el municipio de Arcabuco y el departamento de Santander; hacia el nororiente con el municipio de Sotaquirá; hacia el sur con Tunja y Motavita; por el oriente con Oicatá y Tuta; y hacia el occidente con Motavita, Arcabuco y el departamento de Santander. (CORPOBOYACÁ,2012)

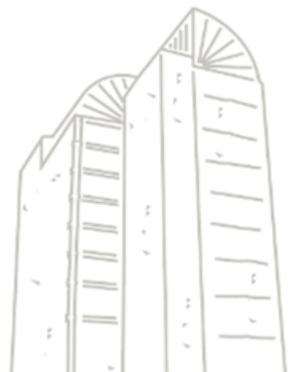


Ilustración 3: Mapa de Cóbbita, Boyacá con sus límites. Análisis de Situación de Salud con el Modelo de los Determinantes Sociales de Salud Cóbbita,



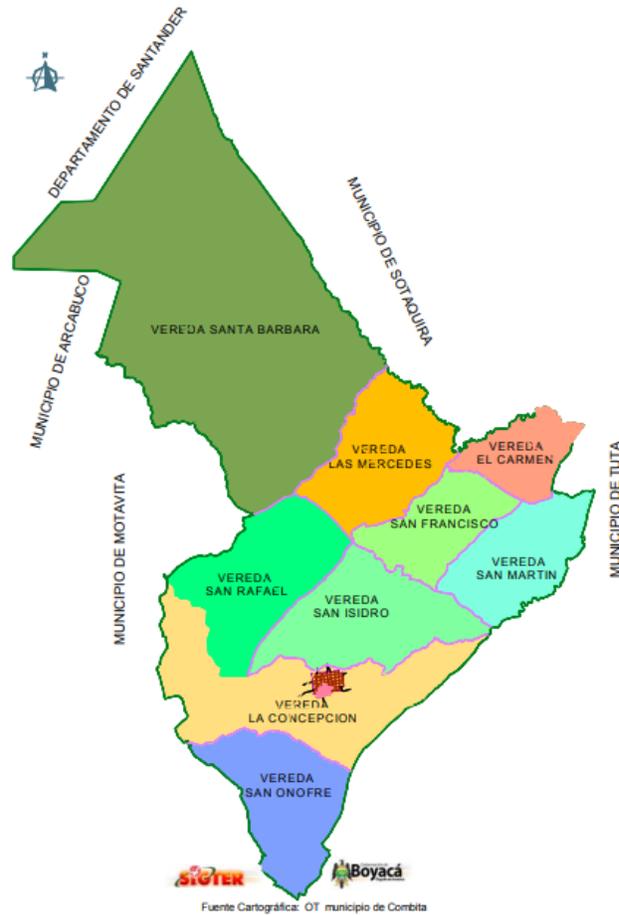
Fuente: E.S.E CENTRO DE SALUD CÓMBITA. 2013

8.2.1.2.División política de Cóbbita

El municipio de Cóbbita cuenta con un área de 149 Km² la cual se divide en nueve veredas que son: El Carmen, La concepción, Las Mercedes, San Francisco, San Isidro, San Martin, San Onofre, San Rafael, Santa Bárbara; cómo se puede observar en el siguiente mapa:



Ilustración 4: Mapa división política del municipio de Cóbbita.



Fuente: Cartográfica: OT municipio de Cóbbita,2012.

8.2.1.3.Vías de acceso:

Las vías de acceso con las que cuenta el municipio de Cóbbita – Boyacá son las siguientes:

- Cóbbita esta conecta con Tunja la capital del departamento de Boyacá por medio de la vía municipal llamada “El Varital” que se une con la troncal del norte.
- Cóbbita está conecta con Bucaramanga la capital del departamento de Santander por medio de la vía municipal llamada “El Mortinál - Sote” la cual conecta la zona urbana con la vía de Bucaramanga.



El municipio de Cómbita cuenta con una densa red de vías rurales, las cuales están en diferentes estados de conservación y muchas son demasiado angostas, por tal razón se realizó un proceso de concertación donde se asignó una franja de 10 metros a partir del eje de la vía.

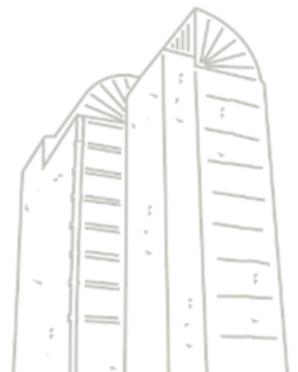
Las vías del casco urbano del municipio de Cómbita están constituidas en 3901 metros de las cuales el 40,08% se encuentran en afirmado, 38,2% en concreto ,12,55% en tierra y 9,17% en asfalto.

8.2.2. Precipitación.

Según el informe de “*consolidación de la propuesta SIMAP- Municipio de Cómbita*” elaborado por la Corporación autónoma regional de Boyacá la precipitación está comprendida en un promedio mensual medios de precipitación es de 35,7 mm en el mes Agosto, los máximos en el mes de marzo con 141,0 mm y mínimo en el mes de enero con 0.5 mms, el patrón de distribución de lluvias es de tipo bimodal con un periodo de concentración de aproximadamente de 3 meses de duración. El valor máximo se alcanza en octubre, mes más húmedo, el mes más seco es enero y febrero con 0,5 y 11,8 mm. (CORPOBOYACÁ,2012)

8.2.3. Temperatura

Con base al informe de “*consolidación de la propuesta SIMAP- Municipio de Cómbita*” elaborado por la Corporación autónoma regional de Boyacá, Latitudinalmente Cómbita varía entre los 2.600 y los 3.700 m.s.n.m.; igualmente, la temperatura promedio mensual varía entre 11.4 y 15.3 grados centígrados. Los meses donde se presenta mayor temperatura son febrero, marzo, abril en donde las máximas temperaturas son en el mes de Marzo; y los de menor temperatura corresponden a los meses de Julio y agosto. El piso térmico de páramo se extiende desde los 3.000 hasta los 3.700 m.s.n.m. para la localidad, según varios autores y Cómbita posee parte de esta región hacia el oriente y norte del municipio, cuyas temperaturas oscilan entre 0° y 12°C de las horas de la tarde al amanecer. (CORPOBOYACÁ,2012).



8.2.4. Humedad relativa.

Según el informe de “*consolidación de la propuesta SIMAP- Municipio de Cóbbita*” elaborado por la Corporación autónoma regional de Boyacá, La humedad relativa es alta sobre los 3.200 m.s.n.m., alcanzando un 90% como valor máximo y un 85% como valor mínimo; sobre los 2.600 m.s.n.m., la Humedad Relativa disminuye, alcanzando valores mínimos de un 71% y aumenta gradualmente hasta el máximo de un 91%. Para el caso del Páramo de Cóbbita, zona hacia Sote hacia municipio de Motavita la humedad relativa presente es del 70 a 80%. La época de mayor humedad corresponde a los meses de enero, abril, mayo, junio, Julio Agosto siendo los meses de enero y abril los de mayor precipitación. La mínima humedad se presenta en el mes de febrero, que es la época de más altas temperaturas y escasas lluvias Brillo Solar. (CORPOBOYACÁ,2012).

8.2.5. Evaporación

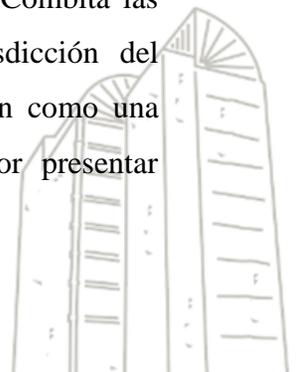
Según estudios realizados por el IDEAM la evaporación está relacionada con los cambios climáticos. El valor de evaporación máximo es de 148.7mm y se observa en el mes de marzo, el valor mínimo es de 73.0mm y se observa en el mes de Junio Escorrentía. (CORPOBOYACÁ,2012).

8.2.6. Relieve

El relieve en el municipio de Cóbbita presenta un tipo de paisaje montañoso con altitudes que varían entre los 2600 y los 3700 m.s.n.m., con vertientes irregulares tachonadas de numerosos picachos. Todas estas formas presentan varias inflexiones, con relieves mucho más suaves los cuales conforman micro relieves característicos, que rigen la malla hídrica reticular presente en el municipio. (CORPOBOYACÁ,2012)

8.2.7. Geología y litología.

Con base al Plan de Ordenamiento Territorial, en el Municipio de Cóbbita las distintas Formaciones Geológicas existentes en el área de jurisdicción del Municipio de Cóbbita presentan una orientación definida, aparecen como una secuencia litológica continua y subparalela que se caracteriza por presentar



contornos muy irregulares. La secuencia presente incluye depósitos Cuaternarios, Terciarios, Cretácicos y Jurásicos. Las características litológicas de cada una de las formaciones presentes van desde depósitos arcillosos, hasta conglomerado. (CORPOBOYACÁ,2012).

La actividad minera presente en el municipio es reflejo de la litología existente, en ella se aprecia la presencia de explotaciones de materiales de construcción (arena, arcillas y recebo) y de carbón (como energético).

8.2.8. Suelo y subsuelo.

El municipio de Cómbita tiene sus suelos ubicados entre los 2650 a 3650 m.s.n.m por esta razón un gran porcentaje del territorio se encuentra ubicado en zonas de paramo y subpáramo

Cómbita está localizado en la provincia del Centro, donde las veredas de San Isidro y La Concepción tiene como característica tener una zona climática erosionada, árida y seca y las veredas de Santa Bárbara y San Rafael son zonas húmedas y muy frías ya que están ubicadas en una zona alta, estos suelos cuentan con un excelente potencial para la producción agrícola y pecuaria. (CORPOBOYACÁ,2012)

Adicionalmente la explotación inadecuada de los recursos naturales, como la tala indiscriminada en los bosques nativo a extinguido los bosques altos andinos y vegetación del páramo que cubrían este municipio.

8.2.9. Cuencas hídricas.

Con base al plan de ordenamiento territorial, El municipio de Cómbita recoge el agua por cuatro subcuentas, las cuales llevan su caudal a la cuenca del Rio Chicamocha y Rio Pomeca. La principal red hidrográfica del Municipio de Cómbita forma parte de la cuenca alta del Río Chicamocha, la cual tiene el nombre de Rio Gallinazo cerca o su origen, consecutivamente en la vereda de Santa Barbara se encuentra el rio de piedras que nace en la laguna los mortiños.

La cuenca de Quebrada de Piedras es una fuente estratégica, ya que de esta se abastecen varios acueductos veredales, incluido el acueducto que abastece la cárcel



de Cóbbita “El Barne”, por esta razón es de suma importancia su cuidado y buen manejo de esta fuente hídrica.

8.2.9.1.Subcuenca Quebrada Río Pomeca.

Está conformada por varias quebradas entre las más importantes están: Agua Teñida, La Serranía, El Guache, La Selva, El Roble, La Playa La Honda. La Subcuenca Río Pomeca es compartida con el municipio de Motavita y Arcabuco, en donde la parte alta es zona de interés hidrológico puntualmente para el municipio de Arcabuco. Los suelos por los que pasa esta subcuenca pertenecen a la Asociación Cabrera- El Carmen y Cabrera los cuales son superficiales de mediana fertilidad, con características de un relieve ondulado ha quebrado con escorrentía media; en su paso por el municipio de Cóbbita esta subcuenca atraviesa en las veredas de Santa Barbará y San Rafael. (CORPOBOYACÁ,2012).

8.2.9.2.Subcuenca Quebrada el Valle

Está conformada por las siguientes quebradas El Rincón de Molina, Angostura y una serie de pequeños arroyos que alimentan la cuenca. La Subcuenca Quebrada El Valle es compartida con el municipio de Sotaquirá, el cual recibe todos los beneficios debido a que toda la cuenca lleva sus aguas a este municipio, en donde se localiza el nacimiento que surte en buena parte los acueductos de Cóbbita, Sotaquirá y Oicatá. Los suelos por los que pasa esta subcuenca se encuentran ubicada sobre la zona de páramo en territorio de la Vereda Santa Barbará. Es una subcuenca de gran importancia, ya que hace parte el páramo y zona potencial de acuíferos, por tanto, su manejo debe ser de gran cuidado. (CORPOBOYACÁ,2012).

8.2.9.3.Subcuenca Río Chicamocha.

Está conformada por las siguientes quebradas El Cangrejo, El Arrayán, Paso Grande Joaquinita, Cóbbita, La Resaca, Carichena, la Mecha, entre otras. La Subcuenca Río de Chicamocha es la de mayor área en Cóbbita ya que



cubre las veredas de San Onofre, La Concepción, San Isidro, Parte de San Rafael, San Francisco, Las Mercedes y El Carmen. Sobre la falda de la cuchilla Las Quinchas sectores de San Isidro y la Concepción, parte alta nacen varias quebradas que surten acueductos que dan agua a la mayor parte de la zona plana de esta vereda al igual que El Carmen, San Martín y San Francisco. (CORPOBOYACÁ,2012).

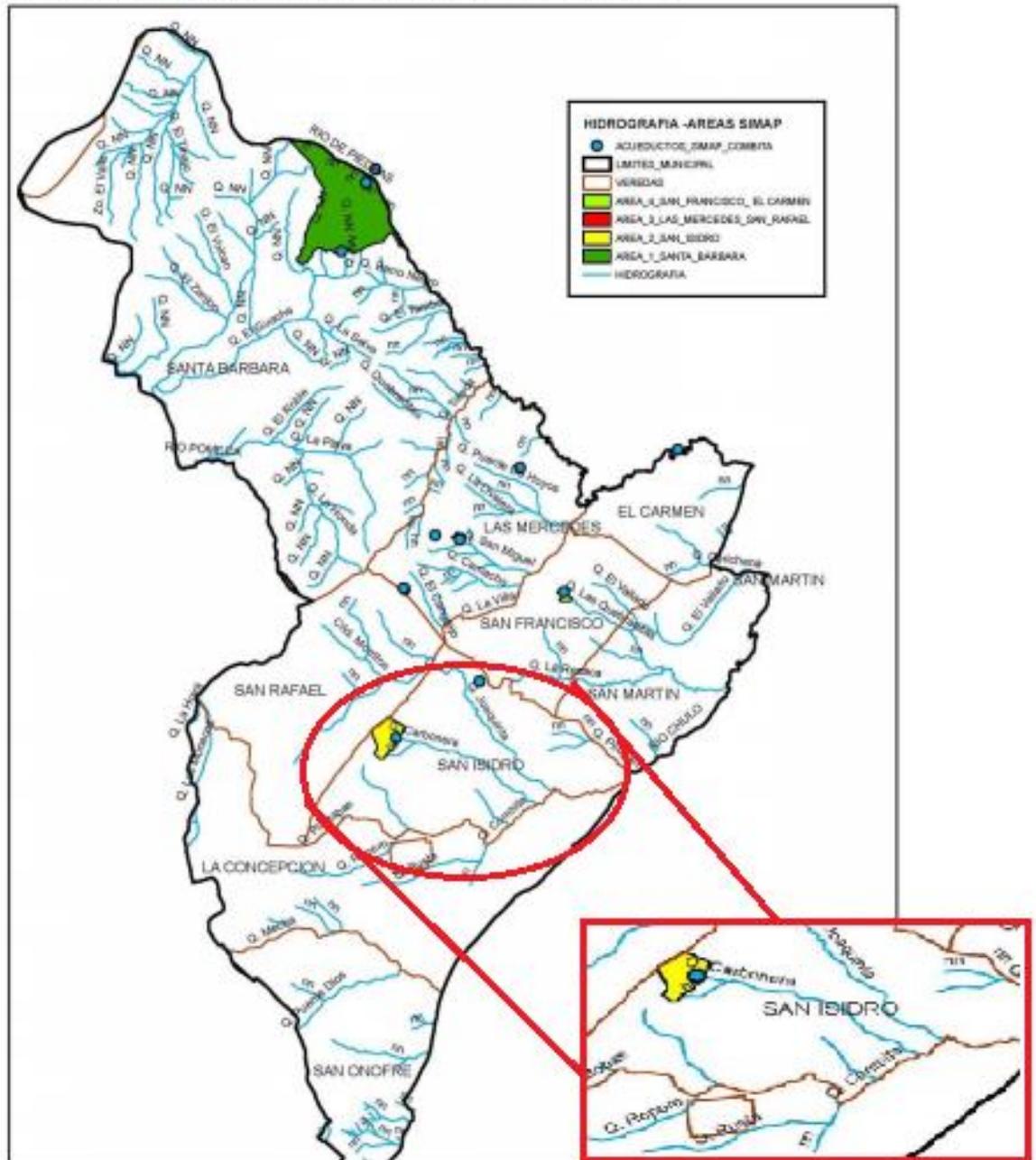
8.2.9.4.Subcuenca Río de Piedras

La subcuenca rio de Piedras tiene un componente en especial, debido a que está conformado por las quebradas y drenajes que vierten sus aguas en la misma y esta luego las lleva al rio Chicamocha. Esta subcuenca ocupa suelos de las asociaciones Cabrera que son aptos para la agricultura; Hacen parte de esta microcuenca las quebradas Barro Negro, El Tambor, Los Puentes, Quebradas, Piedecuesta, Toledo, San Miguel, Ovejera, Camacho, Puente de Hoyos, las más importantes. (CORPOBOYACÁ,2012).



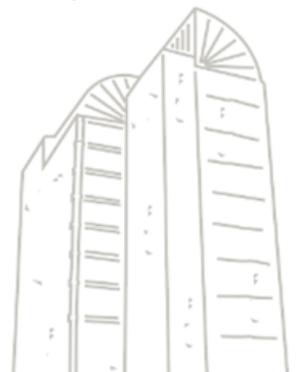
Ilustración 5: Principales fuentes hídricas presentes en el municipio de Cóbbita, Boyacá,

Mapa 8. Principales Fuentes hídricas presentes en las áreas de estudio- SIMAP-Cóbbita



Fuente: Estudio (Cartografía-Nehidy García- Apoyo SIAT, Corpoboyacá)

Fuente: Estudio de cartografía por Nehidy García con apoyo de SIAT y CORPOBOYACÁ, 2012.



8.3.Marco Conceptual.

8.3.1. Problemática:

Según los resultados del inventario Sanitario Rural brindado por el ministerio de vivienda en el año 2006 se evidencio que la cobertura de abastecimiento de agua para zonas rurales son de 56,3% y de agua tratada es de tan solo 11,8% , dentro de estas estadísticas se encuentra el municipio de Cómbita Boyacá, donde en la actualidad el recurso hídrico que es suministrado en la vereda de San Isidro por el acueducto veredal denominado “Los Tanques” no se encuentra en óptimas condiciones para el consumo humano, según los parámetros establecidos por la norma.

En el desarrollo de este proyecto de investigación se encontraron varios factores que evidencian la problemática, uno de ellos es que los acueductos veredales del municipio de Cómbita cuentan con un déficit de información debido a que no se encuentran administrados por la alcaldía sino por juntas de acción comunal quienes no cuentan con los recursos económicos o en algunos casos no los asignan para proyectos que realicen investigaciones sobre el funcionamiento de los acueductos.

Adicionalmente, en las entrevistas realizadas a la comunidad de la vereda de San Isidro se evidencio que en temporadas de verano han tenido días donde no se presta el servicio y diariamente el agua presenta problemas de turbiedad, mal olor, residuos pequeños y color indeseado.

8.3.2. Demografía.

Según el DANE, Cómbita Boyacá contaba con una población total de 14.983 habitantes para el año 2017, que comparada con el año 2005 tuvo un crecimiento de 2002 habitantes y según las proyecciones brindadas por esta entidad se espera tener una población de 15.500 habitantes aproximadamente, este decrecimiento en la población se puede atribuir a la cercanía con la capital del departamento ya que muchas familias tienen sus hijos en ella. Este municipio aporta el 1,8% de la población total del departamento de Boyacá.



Teniendo en cuenta, el censo del 2005 realizado por el DANE la distribución de la población por área geográfica muestra que en el área urbana habitan 1.157 personas lo cual corresponde al 7,7% y en el área rural comprendida en las nueve veredas habitan 13.836 personas equivalente al 92,3%.

Tabla 1: Población por área de residencia, Municipio de Cóbbita, Boyacá 2017.

Municipio	Población cabecera municipal		Población resto		Población total	Grado de urbanización
	Población	Porcentaje	Población	Porcentaje		
Cóbbita	1157	7,7%	13826	92,3%	14983	7,7%

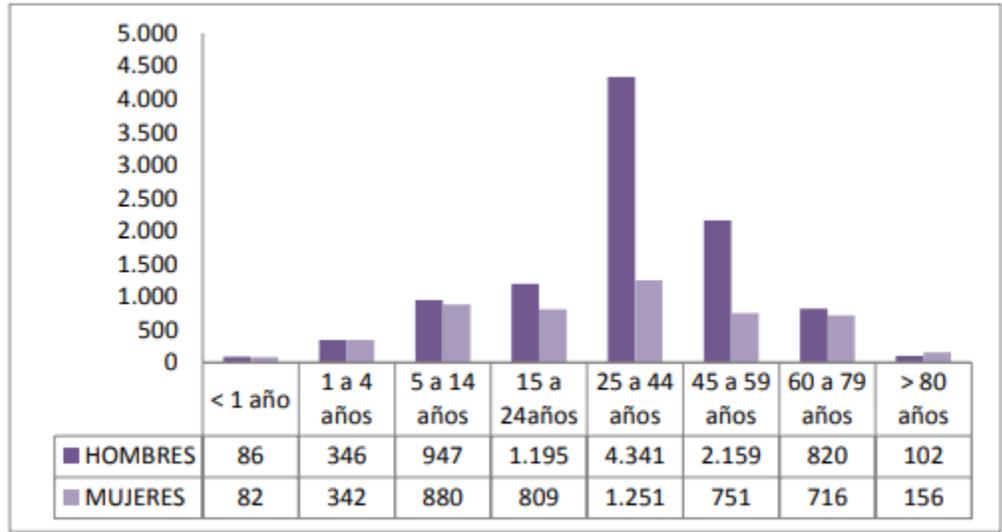
Fuente: Censo DANE 2005 y proyecciones poblacionales.

Con base a lo anterior, el análisis de situación de salud con el modelo de los determinantes sociales de salud, municipio de Cóbbita Boyacá menciona que “el DNP reporto un total de 2691 viviendas las cuales corresponden a 272 ubicadas en la cabecera municipal equivalentes a un 10,7%, mientras que en el sector rural se ubican 2419 equivalentes a 89,89% del total de viviendas registradas” (p.23,2017)

Adicionalmente, la relación de mujeres y hombres para el año 2017 en el municipio es de que por cada 100 mujeres hay 200 hombres lo cual en comparación con el censo del 2005 muestra un aumento en la población masculina y se proyecta que en para el 2020 este aumento continuara.



Grafica 1: Población por sexo y grupo de edad Municipio de Cóbbita, Boyacá 2017



Fuente: Censo DANE 2005 y proyecciones poblacionales

Como se evidencia en la gráfica la tasa poblacional más alta esta comprendía entre las edades de 25 a 44 años, el cual según la proyección para el 2020 se mantendrá, posteriormente continua entre el rango de 45 a 69 años y la tasa mínima se encuentra en los habitantes menores de un años y mayores de 80 años.

8.3.3. Economía

El municipio de Cóbbita, Boyacá. Tiene como actividades económicas principales la ganadería y la agricultura donde los productos que más importantes para este tipo de dinámica económica son la papa, la arveja, el maíz, el trigo y la cebada.

La producción agropecuaria tradicional en Cóbbita no cuenta con ningún tipo de tecnología e industrialización lo que ocasiono un alto índice de desempleo, bajo crecimiento de agroindustria, La mayoría de la población del municipio es subsidiado por parte del estado.

Actualmente, se está impulsando un nuevo ingreso económico por parte del turismo que se ha incrementado debido al ciclista Nairo Quintana, muchos



turistas eligen este municipio como lugar de visita lo que ha generado la implementación de hoteles y restaurantes campestres que son fuente de empleo para su población.

8.3.4. Uso del suelo de influencia:

El acueducto veredal “Los Tanques” según el mapa de riesgo de Cómbita indica que: “los suelos están localizados dentro de las laderas de las montañas, con un relieve ligeramente ondulado a fuertemente quebrado, de cimas agudas y redondeadas, con pendientes mayores al 7%, aunque se presentan pequeñas áreas con pendientes más suaves” (P.27 CORPOBOYACÁ).

Estos suelos están formados por lutitas y arcillas con inclusiones areniscas y cenizas volcánicas, su topografía es de terrenos ondulados y abruptas laderas características de esta vereda, donde cuenta con la presencia de vegetación arbustiva y zonas de cultivo como maíz y papa.

Dentro de los usos del suelo se encuentran prohibidos las parcelaciones con fines de construcción, minería y extracción de materiales, adicionalmente se encuentran condicionados las captaciones de agua y aprovechamiento forestal. Los usos que más impacto tienen en la zona son el uso agrícola y ganadero.

8.3.4.1. Uso ganadero

Esta zona de influencia está ubicada en un área importante dedicada a la ganadería que en ocasiones invade la zona de capacitación lo cual se convierte en una fuerte amenaza de calidad y disponibilidad del recurso hídrico.

8.3.4.2. Uso agrícola

Esta zona de influencia está ubicada en un área importante dedicada a la agricultura especialmente cultivos de papa, maíz, alverja lo cual se



convierte en una fuerte amenaza de calidad y disponibilidad del recurso hídrico.

8.4.Marco Teórico

8.4.1. Acueducto veredal.

Actualmente los acueductos veredales o rurales tienen un papel muy importante en el suministro del agua del país, según Jaime Salamanca León exdirector CRA menciona que “los estudios sobre la misión de crecimiento verde del DNP (diagnóstico final diciembre 2017) muestran que 459 municipios de Colombia (42% del total), tenían coberturas de acueducto menores del 50% en el área urbana y rural” (2019). Con base a lo anterior es de suma importancia conocer la definición de un acueducto, el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS en la resolución 1096 de 2000 lo define como:

“Acueducto se entiende el conjunto de instalaciones que conducen el agua desde su captación en la fuente de abastecimiento hasta la acometida domiciliaria en el punto de empate con la instalación interna del predio a servir y comprende los siguientes componentes: la(s) fuente(s) de abastecimiento, la(s) captación(es) de agua superficial y/o agua subterránea y sus anexidades, la(s) aducción(es) y conducción(es), las redes de distribución, las estaciones de bombeo y los tanques de compensación. Los procesos de tratamiento del agua para su potabilización” (P.59)

8.4.2. Acueducto por gravedad

Los acueductos por gravedad son aquellos sistemas en donde la fuente de captación está ubicada en un nivel más alto de donde están los puntos de distribución, posteriormente el agua baja por gravedad hasta el tanque de almacenamiento, dicho sistema solo utiliza válvulas para controlar el flujo de agua.



8.4.3. Índice de Riesgo de Calidad del Agua (I.R.C.A)

El índice de riesgo de calidad del agua según el Ministerio de la protección social en el decreto 1575 de 2007 lo define como: “Es 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.” (P.8 ,2007).

8.4.4. Test de Jarras:

El Test de jarras es un procedimiento utilizado en los laboratorios con el fin de determinar las condiciones de operación óptimas para el tratamiento de aguas de origen superficial, implementando este tratamiento en las aguas servidas así mismo como en las aguas domesticas en industriales. Convirtiéndolo en un procedimiento de potabilización del agua, la cual mediante un procedimiento químico elimina la fracción coloidal presente en ella. Este proceso se logra mediante la adición de floculantes los cuales permite que las partículas coloidales se agrupen, aglutinen y se facilite la sedimentación por su propio peso. Logrando desestabilizar las partículas coloidales que pueden conseguirse por la neutralización de sus cargas eléctricas. La mezcla se debe agitar lentamente y homogénea para lograr que las partículas coloidales neutralizadas se encuentren y se unan.

8.4.5. Proceso de coagulación-floculación.

El proceso de coagulación- floculación se ejecuta añadiendo al recurso hídrico coagulantes (aditivos químicos) con el fin de mejorar la sedimentación de materia coloidal o acelerar la sedimentación por la medición de flóculos , dichos coagulantes logran la desestabilización en la partícula coloidal esto se debe a que están cargadas eléctricamente y cuentan con una doble capa eléctrica, dicha teoría de la doble placa es definida en el “*Estudio del proceso de coagulación floculación de aguas*”



residuales de la empresa textil "desembarco del Granma" a escala de laboratorio" como:

“De acuerdo con la teoría de la doble capa eléctrica y la regla de Schultze-Hardy se plantea que los agentes coagulantes deben tener cargas positivas contrarias al ion determinante del potencial en la partícula en las aguas residuales (generalmente negativas) y por supuesto a mayor carga tendrá mejores características coagulantes.

Entre las variables fundamentales que afectan el proceso se encuentran el tipo de coagulante, la dosis en que se emplea, pH del medio y el tiempo de la agitación que se emplea en la mezcla del coagulante y el agua residual. “(P.3)

Los coagulantes más populares y utilizados en las prácticas de laboratorio son la alúmina ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$), y el cloruro férrico, esto se debe a sus características físicas y químicas.

8.4.6. Presión:

La presión es definida por Ángel Franco García como:” el consciente entre la componente normal de la fuerza sobre el área de una superficie. Es medida en unidades de Pascales (Pa).” (P.1)

8.4.7. EPANET

La agencia de protección ambiental de los Estados Unidos (E.P.A) creo un software llamado EPANET que se utiliza para realizar modelamientos hídricos, tales como, sistemas de distribución de agua potable, adicionalmente realiza un análisis del comportamiento del fluido. Con base a lo anterior, “EPANET es un programa de ordenador que realiza simulaciones en período extendido del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de distribución a presión “(Rossman, 2000).

Este software usa la siguiente metodología: “La metodología utilizada por el software calcula los caudales en las tuberías y alturas piezométricas en los nudos bajo la consideración de conservación de masa y energía. Las ecuaciones que se generan en el proceso son conocidas por su no linealidad, por lo cual se



hace uso del método del gradiente para su solución “(Todini y Pilati, 1987). Para desarrollar esta metodología EPANET utiliza una interfaz grafica que se clasifican en objetos físico y no físicos como se mencionan a continuación:

8.4.7.1.Elementos físicos en EPANET:

En el libro Ejercicios prácticos en Epanet de Juan Sebastián de Plaza Solorzano describe los elementos físicos como: “Las redes a presión, sin importar su tipo ni su geometría, requieren de elementos físicos que permitan su implementación, tales como tuberías, conexiones o nudos, válvulas, fuentes de abastecimiento, bombas y emisores” (P.21.2017)

- Embalse o reservorio: Suministra el recurso hídrico a la red de distribución y tienen capacidad de almacenamiento infinita.
- Conexiones o nudos: Son los elementos encargados de unir las tuberías, adicionalmente sirven como punto hidráulico de extracción e inyección de agua en la red.
- Tuberías: Son las encargadas de transportar el fluido por la red de distribución.
- Tanques: Suministra el recurso hídrico a la red de distribución y tienen capacidad de almacenamiento limitada.
- Bombas:” suministra energía al fluido con el fin de desplazarlo de un punto 1 a un punto 2, con lo cual se vencen las pérdidas de energía presentes en el circuito y la diferencia de altura topográfica.” (De Plaza, 2017)
- Válvulas: Controlan el caudal de un tramo de tubería, existen varios tipos de válvulas en Epanet:

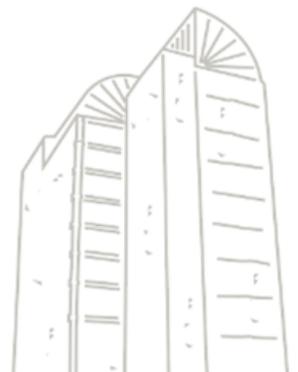


Tabla 2: Tipo de válvulas en Epanet

Tipo de válvula	
PRV	Válvula reductora de presión
PSV	Válvula sostenedora de presión
PBV	Válvula de rotura de carga
FCV	Válvula controladora de caudal
TCV	Válvula reguladora por estrangulación
GPV	Válvula de proposito general

Tomada de : De Plaza, J. (2017). *Ejercicios prácticos en Epanet* .
Colombia (P.65)

8.4.7.2. Elementos no Físicos:

- **Curvas de comportamiento:** Las curvas de comportamiento es la relación entre dos magnitudes físicas, El software de Epanet cuenta con 4 diferentes tipos de curvas que se mencionan a continuación: características que son empleadas en bombas, de rendimiento utilizadas en bombas, de cubicación que se utilizan para un tanque y de pérdidas. (Rossman, 2000).
- **Patrones de modulación:** Factores multiplicadores que se aplican sobre cierto valor y hacen que presente variaciones en un periodo de tiempo. Están en función de las demandas base en los nudos, las alturas de los embalses, velocidad del giro de las bombas, entre otros, (Rossman, 2000).
- **Rugosidad:** En el libro *Ejercicios prácticos en Epanet* de Juan Sebastián de Plaza Solorzano describe la rugosidad como :”el valor de la rugosidad depende principalmente de dos aspectos: el primero es el tipo de material que compone la tubería y el segundo es la metodología utilizada para el cálculo de las pérdidas de energía.”(P.36)
- **Coefficiente de perdidas:** Según Juan Sebastián de Plaza Solorzano en su texto sobre Epanet la define así:” Las pérdidas de energía por accesorios en EPANET son calculadas a partir de la denominada constante de aditamento o constante de accesorio. Cada tipo de



accesorio tiene una constante (km) que varía de 0,2 a 10 aproximadamente.” (P.37)

- Factor de fricción: El factor de fricción es descrito en el libro Ejercicios prácticos en Epanet de Juan Sebastián de Plaza Solorzano como:” el factor que tiene en cuenta la viscosidad del fluido, la rugosidad absoluta del material, el diámetro y la velocidad del fluido. Si el modelo simulado se realiza bajo la metodología de Hazen-Williams, el valor del factor de fricción que aparecerá en los resultados obedece al coeficiente de fricción de Darcy-Weisbach. EPANET calcula el factor de fricción de Darcy-Weisbach de manera automática.” (P.38)

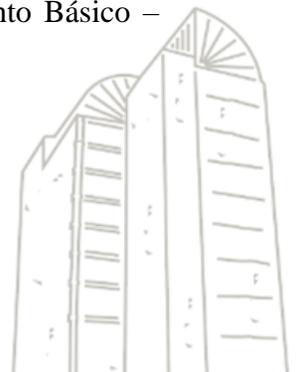
8.5.Marco Legal.

8.5.1. Normativa.

En el desarrollo de esta investigación se debe tener en cuenta los parámetros establecidos en la normatividad vigente que rige a Colombia, quien brinda los lineamientos que deben seguir las empresas de acueducto, alcantarillado y prestadoras de servicios públicos domiciliarios con el fin de brindar un servicio idóneo, de calidad, para prevenir y/o mitigar problemáticas referentes a la salud pública.

Por lo mencionado anteriormente, es importante tener en cuenta la siguiente normativa:

- Res. 2115 del año 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).
- La Resolución 0330 de 2017 expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio “Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS.



- Decreto 1575 del año 2007 (Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano).

En la resolución 2115 del año 2007 se realiza un estudio detallado de las diferentes características, físicas, químicas y microbiológicas del recurso hídrico disponible para el consumo humano, en donde se establecen los rangos permisibles en las siguientes características:

8.5.2. Características Microbiológicas

Para la identificación de las características microbiológicas se deben realizar por medio de las siguientes técnicas de laboratorio: Filtración por membrana, enzima sustrato, sustrato definido y presencia o ausencia en el recurso hídrico.

Dichos ensayos se deben evaluar con base a la tabla establecida en el artículo 11 de la Resolución 2115 de 2007, estos valores cuentan con unos límites de confianza del 95%.

Tabla 3: Características Microbiológicas.

Técnicas utilizadas	Coliformes Totales	Escherichia coli
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: Tomado del Artículo 11 de la Resolución 2115 de 2007. (Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007, Pág. 6).

8.5.3. Características Físicas

Para los parámetros físicos que se deben estudiar en el recurso hídrico son el olor, sabor, color aparente y turbiedad, los valores máximos son



establecidos en el artículo 2 de la resolución 2115 de 2007, como se evidencia en la siguiente tabla:

Tabla 4: Características Físicas

Características físicas	Expresadas como	Valor máximo aceptable
Color aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15
Olor y Sabor	Aceptable ó no aceptable	Aceptable
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT)	2

Fuente: Tomado del Artículo 2 de la Resolución 2115 de 2007. (Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007, Pág. 2).

8.5.4. Características Químicas.

Las características químicas para el recurso hídrico destinado para el consumo humano son de suma importancia estudiarlas ya que si no cumplen los rangos establecidos o sobrepasan los valores máximos pueden tener efectos en la salud, dichos valores son establecidos en el artículo 5 de la resolución 2115 de 2007 como se evidencia en la siguiente tabla:

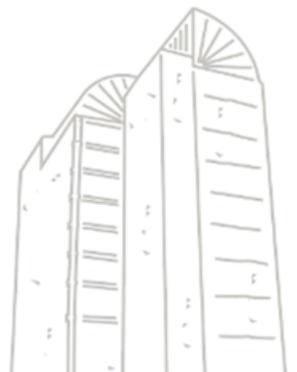


Tabla 5: Características Químicas

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias	Expresados como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Antimonio	Sb	0,02
Arsénico	As	0,01
Bario	Ba	0,7
Cadmio	Cd	0,003
Cianuro libre y disociable	CN ⁻	0,05
Cobre	Cu	1,0
Cromo total	Cr	0,05
Mercurio	Hg	0,001
Níquel	Ni	0,02
Plomo	Pb	0,01
Selenio	Se	0,01
Trihalometanos Totales	THMs	0,2
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	HAP	0,01

Fuente: Tomado del Artículo 5 de la Resolución 2115 de 2007.

(Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007, Pág. 3).

9. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

9.1. Metodología.

La ejecución de este proyecto enfocado en conocer el estado actual del recurso hídrico del acueducto veredal “Los Tanques” en el municipio de Cómbita Boyacá, se dio por medio de una metodología mixta de investigación- acción, esto con el fin de realizar un proceso completo en donde se obtenga una buena caracterización y análisis de resultados.

Para el aspecto de investigación se ejecutaron una serie de actividades que se mencionaran a continuación:

1. Inicialmente se realiza la solicitud formal por medio de la personería de Cómbita, Boyacá, por el cual se informa de mi interés en realizar la investigación en mención y de esta forma contar con el apoyo para poder realizar visitas técnicas a la bocatoma.
2. Se realiza una investigación sobre la información con la que cuenta las entidades reguladoras de servicios públicos domiciliarios, la alcaldía municipal y Corpoboyacá, para de esta forma conocer si el acueducto veredal cuenta con



los permisos requeridos y su vigencia, adicionalmente conocer datos demográficos, hidrográficos, topográficos y demás información que se requiera.

3. Posteriormente, se hace una investigación sobre la normativa actual en Colombia para de esta forma poder hacer un análisis adecuado a las muestras, en donde se tiene en cuenta el Decreto 1575 del año 2007 y la resolución 2115 de 2007, para de esta forma realizar unas recomendaciones objetivas para solucionar la problemática.
4. Finalmente se realiza una investigación detallada sobre el software de Epanet, entendiendo su funcionamiento, basándonos en el libro Ejercicios prácticos de Epanet de Juan De Plaza publicado en el año 2017 , donde se encuentra en detalle cómo utilizarlo, adicionalmente se consulta la resolución 0330 de 2017.

Para el aspecto denominado “acción “se ejecutaron una serie de actividades que se mencionaran a continuación:

1. Inicialmente, se realiza una investigación en campo sobre la percepción actual que tienen los habitantes que son abastecidos por este acueducto, en donde por medio de encuestas se obtuvo un concepto más real y cercano de las características con las que llega el recurso hídrico.
2. Posteriormente se procede a hacer la recolección de dos tipos de muestra una de ellas pertenece a la bocatoma y la otra es tomada en una vivienda que es abastecida por este acueducto, para después realizar los análisis fisicoquímicos en las instalaciones de la Universidad Piloto de Colombia y dar un diagnóstico.
3. Se realiza tomas de presiones en diferentes viviendas con el fin de evaluar la cantidad de recurso que llega a cada uno de los suscritos a este acueducto veredal, simultáneamente con un GPS se van tomando las coordenadas de los puntos.
4. Posteriormente se procede a realizar la recolección de los datos georreferenciados en la vereda San Isidro del municipio de Cóbbita - Boyacá, por medio del GPS marca Garmin, luego se realizó un tratamiento de datos para



plasmarlos en un archivo kmz., archivo que se utiliza para poder proyectar la información en Google Earth. Posteriormente, por medio de herramientas computacionales se realizó la conversión al programa AutoCAD para que esta información pueda ser empleada en el software EPANET el cual se va a emplear para hacer un diseño de la red hidráulica del acueducto veredal.

5. Posteriormente se procede a exportar esta información al Software de Epanet, para tener un preámbulo del modelamiento hídrico de este acueducto.
6. Finalmente con los datos obtenidos en toda esta investigación se hace un análisis detallado de todos los resultados para de esta forma dar una propuesta de mejoramiento optima y funcional.

9.2.Tipo de Estudio.

El proyecto de investigación denominado “*evaluación de la disponibilidad hídrica y calidad del agua superficial del acueducto veredal “los tanques” en la vereda de san isidro, Cómbita Boyacá*” maneja un tipo de estudio que se enfocó en dos aspectos cuantitativo y cualitativo que se ejecutaron de la siguiente forma:

En el desarrollo del aspecto cuantitativo el cual está dado para recolectar y analizar datos numéricos, se realiza una investigación enfocada a los aspectos técnicos que se requieren como lo es las presiones con el fin de evaluar la cantidad de recurso hídrico que llega a cada vivienda y de esta forma responder al interrogante de sí es suficiente la cantidad de agua que recibe cada familia, adicionalmente evaluando una serie de parámetros con base a diferentes magnitudes y de esta forma poder brindar un concepto técnico y brindar recomendaciones objetivas y útiles.

Para ejecutar el aspecto cualitativo el cual está dado para recopilar datos no numéricos , se evaluaron parámetros sociales donde se entendió cuál es la perspectiva que tienen los habitantes respecto a la calidad del agua que llega a sus viviendas , inseguridades que han adquirido a través de su experiencia en el consumo de este líquido , situaciones que logran un acercamiento a la problemática actual , teniendo en cuenta aspectos



económicos , ambientales y salubres que pueden ser identificados por técnicas de observación al interactuar con los directos implicados , como lo son los suscritos al acueducto veredal “Los Tanques”.

9.3.Tipo de diseño

En el desarrollo de esta investigación, se realiza un diagnostico que se basa en las visitas de campo e investigaciones con las entidades reguladoras, que nos brindaron la posibilidad de tener un concepto real de la problemática actual que tienen los suscritos al acueducto veredal “Los Tanques “, con el fin de brindarle a la asociación que administra el acueducto un plan de mejora para el funcionamiento y calidad de el mismo.

Desde el comienzo de este proyecto se propone una metodología desarrollada por Kurt Lewin llamada investigación-acción , en donde se identificó cuatro fases planificar, actuar, observar y reflexionar, la cual se adapta a las necesidades de esta investigación, ya que inicialmente se observa , indaga y se crea una percepción de la problemática, posteriormente se procede a recolectar datos e información , en seguida se realiza un análisis detallado de toda la información recolectada previamente , para finalmente concluir y plantear un excelente plan de mejoramiento que sea funcional para el acueducto Veredal.

10. RESULTADOS OBTENIDOS

10.1. Documentación del acueducto:

10.1.1. Concesión del agua:

Por medio de la resolución Número 0669 del 13 de Marzo de 2019 se concedió una concesión de aguas superficiales a nombre de la Asociación de suscriptores del acueducto el Chuscal vereda San Isidro de Cóbbita, con NIT 900068788-2, en un caudal de 1,09 L.P.S a derivar de la fuente denominada Quebrada El Chuscal, localizada en la vereda San Isidro jurisdicción del municipio de Cóbbita, con destino a uso doméstico de 558



personas permanentes , 75 personas transitorias y pecuario de 460 animales bovinos.

En el artículo octavo de dicha resolución se estableció que el término de la concesión seria de cinco (5) años contados a partir del acto administrativo, término que podría ser prorrogado a petición de la concesionaria dentro de los últimos seis meses de su vigencia.

10.2. Trabajo de campo:

En trabajo de campo se realizaron una serie de visitas que se describirán a continuación:

10.2.1. Visita 1:

El 18 de septiembre del 2020 se ejecuta la primera visita de campo en donde se hace un acercamiento con la alcaldía municipal de Cómbita Boyacá para hacer una sensibilización de la importancia de conocer el estado actual del recurso hídrico en el acueducto veredal “Los Tanques” de la vereda de San Isidro teniendo en cuenta la cantidad y calidad del recurso que se le brinda a la ciudadanía.

Adicionalmente se realiza una visita en donde se contextualiza la ubicación, clima, geografía entre otras características que se requieren conocer de la zona de estudio

10.2.2. Visita 2:

El 10 de Octubre del 2020 se ejecuta la segunda visita donde se realiza un acercamiento con la población que se ve beneficiada por este acueducto en donde se procede a entablar diálogos con ellos y conocer la situación actual de como ellos perciben la calidad y cantidad del recurso hídrico que consumen, se identifica la necesidad de realizar un estudio donde se evalué la calidad y cantidad del agua para el consumo humano.



10.2.3. Visita 3:

El 28 de Noviembre del 2020 se realiza la tercera visita en donde se hace la primera visita al acueducto veredal , ubicado en la vereda de San Isidro en el predio llamado “Surquira” , en donde se realiza una inspección general de toda la infraestructura que compone el acueducto guiada por el fontanero Marcos Parra encargado del mantenimiento del acueducto, iniciando el recorrido desde la fuente de abastecimiento hasta el tanque de almacenamiento , conociendo en detalle los elementos que componen al mismo , para con este poder desarrollar una descripción detallada de la infraestructura que compone el acueducto veredal.

Ilustración 6 : Tercera visita de reconocimiento en campo



Fuente: Propia

10.2.4. Visita 4:

El 18 de febrero de 2021 se realiza la cuarta visita de campo, donde fui a la bocatoma ubicada en la vereda de San Isidro en el predio llamado Surquira, donde se realiza la recolección de dos muestras de agua 6 litros cada una, dicha recolección se realiza con base a lo estipulado en el “Manual de



Instrucciones para la Toma, preservación y transporte de muestras de agua de consumo humano para Análisis de Laboratorio” del Instituto Nacional de Salud.

Posteriormente me dirijo a una vivienda suscrita al acueducto y realizo la recolección de 12 litros de agua cumpliendo con lo establecido en el Manual mencionado anteriormente, esto con el fin de llevar todas las muestras al laboratorio de la Universidad Piloto de Colombia y realizar los siguientes ensayos: turbiedad, pH, alcalinidad, color aparente, dureza total, conductividad, acidez, dureza cálcica, sulfatos, nitratos, hierro y cloro.

10.2.5. Visita 5:

El 21 de Marzo de 2021 se realiza visita de campo en donde hacemos acercamiento a 45 puntos suscritos al acueducto, comprendidos entre fincas y residencias, donde realizamos tomas de presiones con los siguientes equipos: manómetros digitales de marca Rockage, y GPS de marca Garmin, para de esta forma poder realizar un modelamiento con el software EPANET.

11. ANÁLISIS DE RESULTADOS

11.1. Análisis del sistema

11.1.1. Descripción general.

El acueducto veredal es conocido por los habitantes como “Los Tanques” aunque legalmente se denomina “Asociación acueducto comunitario el Chuscal de la vereda San Isidro, municipio de Cóbbita, departamento de Boyacá”, el cual suministra el recurso para uso doméstico a un total de 94 familias con 566 usuarios permanentes y 181 transitorios, de abrevadero a un aproximado de 485 animales bovinos y caprinos; a continuación, se describe toda la información general del acueducto:



Tabla 6: Descripción general del acueducto veredal

DEPARTAMENTO	BOYACA
MUNICIPIO	CÓMBITA
ENTIDAD	ACUEDUCTO VEREDAL
RAZÓN SOCIAL	ASOCIACIÓN ACUEDUCTO COMUNITARIO EL CHUSCAL DE LA VEREDA SAN ISIDRO, MUNICIPIO DE CÓMBITA, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ
SIGLA	ASOCHUSCALCÓMBITA
FUENTE ABASTECEDORA	QUEBRADA EL CHUSCAL O LA CARBONERA
REPRESENTANTE LEGAL	MARIELA PIRATOVA MORALES
NIT	900068788-2
NO. DE ASOCIADOS	94+
EXPEDIENTE	OOCA-0205-05
RESOLUCIÓN DE CONCESIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES	0669 de 13 de marzo de 2019
DIRECCIÓN CORRESPONDENCIA	Cómbita Vereda San Isidro
TELÉFONO	314 3751071
CORREO ELECTRÓNICO	asochuscalCómbita@gmail.com

Fuente: Propia



11.1.2. Ubicación

El acueducto veredal los tanques está ubicado en la vereda San Isidro de Cómbita, exactamente en las coordenadas geográficas en latitud $05^{\circ} 39' 20,5''$ Norte y en Longitud $73^{\circ} 19' 37,8''$ O.



Ilustración 7: Ubicación Acueducto veredal “Los Tanques”



Tomado de: Google Earth. (s.f.). [Cómbita, Boyacá]. Recuperado el 24 de marzo de 2021.

11.1.3. Fuente de abastecimiento.

El acueducto “Los tanques” tiene como fuente abastecedora la quebrada La Carbonera, localizada en la vereda San Isidro, la cual en su nacimiento presenta una cuenca encajonada con diferentes caudales que varían dependiendo los tiempos climáticos del año, en promedio se presenta un caudal diario de 1.0 l/s, en épocas secas un caudal de 2.97 l/s y en épocas de lluvia en promedio un caudal de 5 l/s.

La quebrada La Carbonera, localizada en la vereda San Isidro, es un ejemplo de la afectación de este tipo de fuentes superficiales. La cobertura vegetal nativa se encuentra reducida a una pequeña franja como consecuencia de la extensión de la frontera agropecuaria y en zonas adyacentes se observan plantaciones de



especies exóticas como pino, eucalipto y acacia. Actualmente, la fuente hídrica no se encuentra aislada de la cobertura antrópica (pastos) y la ganadería extensiva es la principal causa de afectación.

Tabla 7:Ubicación de la fuente abastecedora: quebrada La Carbonera

UBICACIÓN FUENTE ABASTECEDORA	
Nombre	QUEBRADA LA CARBONERA
Código	1348
AREA	MAGDALENA
ZONA	SOGAMOSO
SUB ZONA CUENCA	RIO CHICAMOCHA
SUBCUENCA	RIO CHULO
MICROCUENCA	QUEBRADA DE CÓMBITA

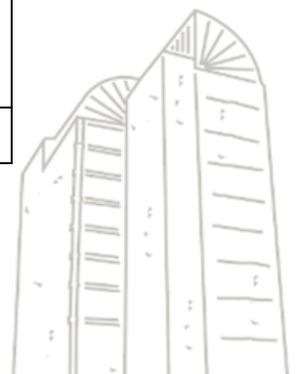
Fuente: Propia

11.1.4. Captación:

La captación del recurso hídrico se hace a aproximadamente a 150 m del nacimiento de la quebrada La Carbonera, la cual hace parte de la microcuenca Quebrada de Cómbita, que a su vez hace parte de la Cuenca del Rio Chicamocha. La captación presenta las características consignadas en la siguiente Tabla:

Tabla 8:Ubicación de la fuente abastecedora: quebrada La Carbonera

UBICACIÓN CAPTACIÓN	
Nombre del predio de ubicación	Surquirá
Vereda	San Isidro



Municipio	Cómbita	
Identificación catastral	15204000100030605000	
Matricula Inmobiliaria	070 74115	
Coordenadas geográficas	Latitud	5°39'20,5" N
	Longitud	73°19'37,8" O
	Altura	2950 msnm

Fuente: Propia

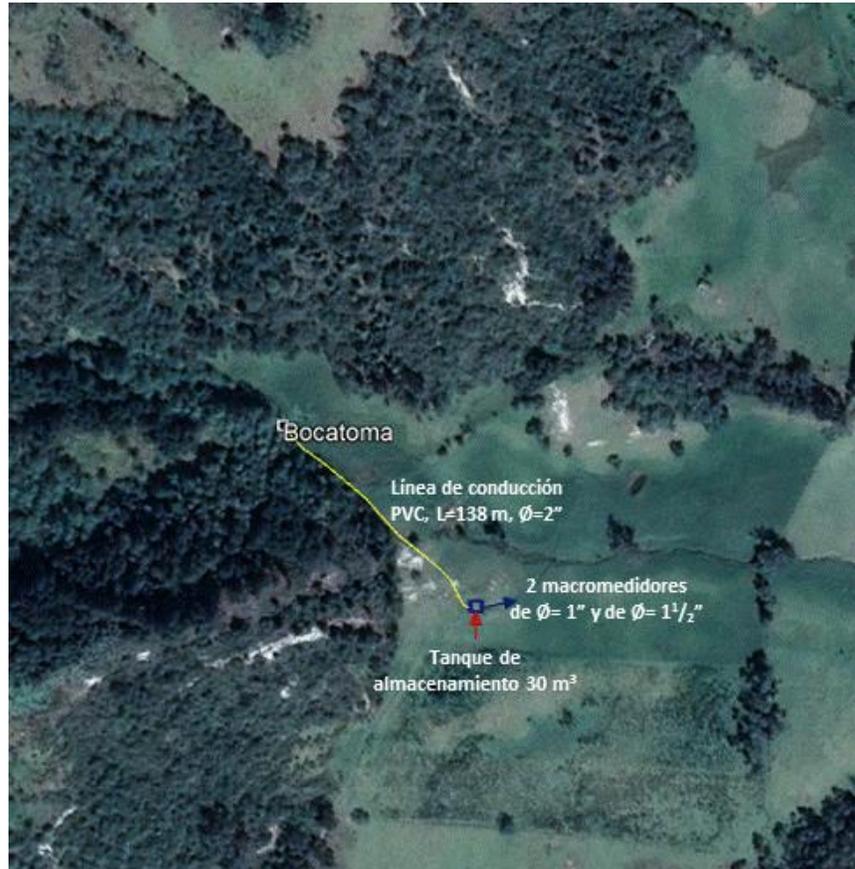
La microcuenca de la captación sobre la quebrada La Carbonera tiene un área de 286.67 ha, con un perímetro de 9.16 km, drenaje principal con una longitud de 3.76 km y desemboca en la quebrada de Cómbita.

11.1.5. Descripción técnica.

El Acueducto veredal Los Tanques de la vereda San Isidro municipio de Cómbita se encuentra en uso desde hace más de 30 años, funciona por gravedad, cuenta con bocatoma, caja de control, tanque de almacenamiento, red de distribución y conexiones domiciliarias. Aguas arriba de la bocatoma existe captación para concesión de aguas a nombre de Álvaro Guerrero con un caudal de 0.30 L/s otorgada para uso agrícola y pecuario (Expediente OOCA-00084-16).



Ilustración 8: Ubicación de la bocatoma y Tanque de almacenamiento



Tomado de: Google Earth. (s.f.). [Cómbita, Boyacá]. Recuperado el 15 de noviembre de 2020.

En la Figura anterior se observa la ubicación de la bocatoma y el tanque de almacenamiento del acueducto veredal. Igualmente, se identifica que la vegetación protectora solo está presente en el margen occidental y que las zonas destinadas para el pastoreo no respetan la distancia mínima al cauce establecida por la autoridad ambiental

11.1.5.1. Bocatoma:

La captación que suministra el agua para el abastecimiento de los usuarios del Acueducto Los Tanques se encuentra construida dentro del cauce de la



quebrada La Carbonera, la cual presenta una estructura frontal con orificio de control que funciona con una rejilla para limitar el acceso del material, fue construida en 1982 en concreto y mampostería con una capacidad de 3m³ aproximadamente.

Ilustración 9: Tanque de Bocatoma

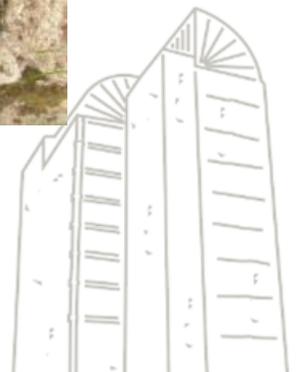


Fuente: Propia

Ilustración 10: Orificio de control con rejilla



Fuente: Propia



11.1.5.2. Línea de conducción de la Bocatoma al Tanque de Almacenamiento

Desde la bocatoma se realiza el transporte del agua captada por medio de una línea de conducción hasta el tanque de almacenamiento, tiene una longitud total de 138 m en tubería PVC de 2" de diámetro y no presenta fugas.

Ilustración 11: Tubería de salida de la bocatoma



Fuente: Propia

11.1.5.3. Tanque de Almacenamiento:

El tanque de almacenamiento fue construido en 1982 y se encuentra ubicado a 138 m de la bocatoma y consiste en una estructura rectangular en hormigón armado, semienterrado con capacidad de almacenamiento de 30 m³.

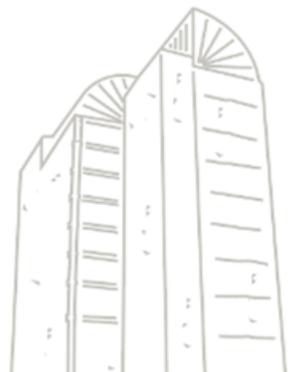


Ilustración 12: Tanque de Almacenamiento



Fuente: Propia

11.1.5.4. Línea de conducción del Tanque de Almacenamiento a los puntos.

La conducción del recurso hídrico se realiza mediante una tubería de aproximadamente 3.8 km de longitud, la cual se compone de un primer tramo en tubería PVC de 1" y ½" de diámetro y un segundo en tubería de PVC de 1". Las acometidas a las residencias de los asociados son de ½". El sistema cuenta en toda su conducción con tres cajas de inspección. Se encuentran instalados dos macro medidores en las dos salidas del tanque de abastecimiento. Se encuentran en total 94 micromedidores de los que están funcionando 79.



Ilustración 13: Salida del tanque de abastecimiento



Fuente: Propia

Finalmente es importante destacar que el acueducto veredal no presenta ningún sistema de tratamiento por lo que el recurso hídrico no es apto para el consumo humano.

11.2. Apreciación del usuario hacia el acueducto.

Se realiza la siguiente encuesta a 198 beneficiarios del acueducto veredal para conocer la percepción que tiene la comunidad sobre el servicio del acueducto:

De las siguientes preguntas: Por favor responda sí o no de acuerdo con su experiencia con el recurso hídrico que llega a su vivienda:

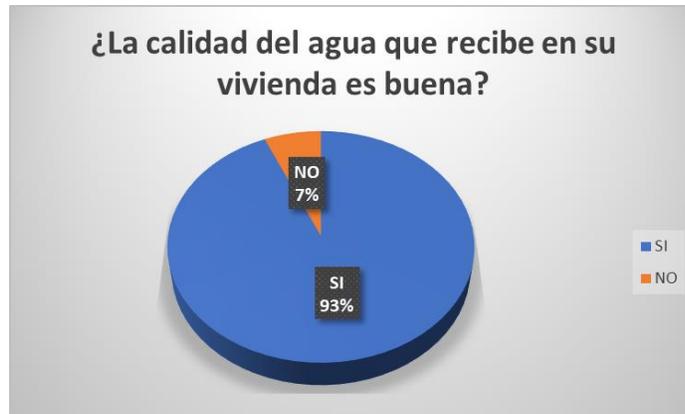
1. ¿La calidad del agua que recibe en su vivienda es buena?
2. ¿Consume usted el agua cruda que llega a su vivienda?
3. ¿La cantidad del agua que llega a su lugar de residencia es buena?
4. ¿Usted o alguno de sus familiares que consume el agua a presentado enfermedades por el consumo de esta?
5. ¿En el último año ha presentado suspensiones en el servicio?

Con base a las preguntas anteriores se obtuvo los siguientes resultados:



- Para la pregunta: ¿La calidad del agua que recibe en su vivienda es buena?, ciento ochenta y cinco personas respondieron “SI” y trece personas respondieron “NO”, como se evidencia en la siguiente gráfica:

Grafica 2: Respuesta de la pregunta: ¿La calidad del agua que recibe en su vivienda es buena?



Fuente: Propia

- Para la pregunta: ¿Consume usted el agua cruda que llega a su vivienda?, ciento noventa personas respondieron “NO” y 8 personas respondieron “SI”, como se evidencia en la siguiente gráfica:

Grafica 3: Respuesta de la pregunta: ¿Consume usted el agua cruda que llega a su vivienda?



Fuente: Propia



- Para la pregunta: ¿La cantidad del agua que llega a su lugar de residencia es buena?, ciento cuarenta y siete personas respondieron “SI” y cincuenta y uno personas respondieron “NO”, como se evidencia en la siguiente gráfica:

Grafica 4: Respuesta de la pregunta: ¿La cantidad del agua que llega a su lugar de residencia es buena?



Fuente: Propia

- Para la pregunta: ¿Usted o alguno de sus familiares que consume el agua a presentado enfermedades por el consumo de esta? La totalidad de las personas encuestados respondieron que “NO”, como se evidencia en la siguiente gráfica:

Grafica 5: Respuesta de la pregunta: ¿Usted o alguno de sus familiares que consume el agua a presentado enfermedades por el consumo de esta?,

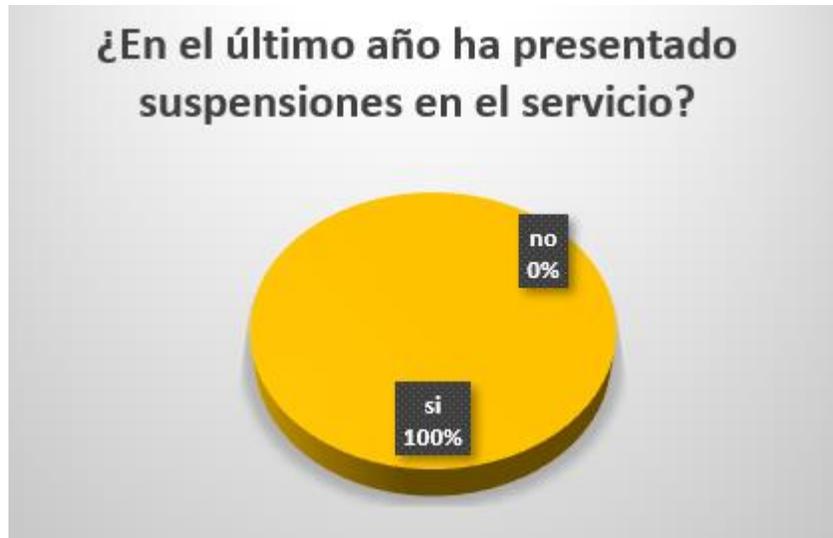


Fuente: Propia



- Para la pregunta: ¿En el último año ha presentado suspensiones en el servicio? La totalidad de las personas encuestados respondieron que “NO”, como se evidencia en la siguiente gráfica:

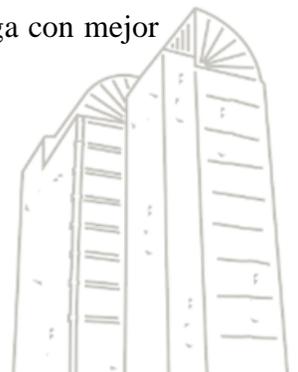
Grafica 6: Respuesta de la pregunta: ¿En el último año ha presentado suspensiones en el servicio?



Fuente: Propia

Teniendo en cuenta, las respuestas obtenidos en este trabajo de campo se evidencia que el concepto de la calidad del agua que tiene la población es positivo , aunque las personas no confían en su totalidad y por esta razón no consumen agua directamente de la llave , adicionalmente los encuestados nos informaron que ellos para consumir agua la hierven o realizan una purificación por medio de un filtro de grava y arena que fueron traídos por un convenio de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) junto con una organización canadiense.

La mayoría de los encuestados eran personas de la tercera edad que llevan utilizando este acueducto desde su fundación y nos manifiestan que nunca se han presentado ningún tipo de enfermedades relacionados con el consumo del agua y que al pasar los años la cantidad del agua que reciben llega con mejor presión y no se volvieron a presentar suspensiones.



Toda la persona a las que se les realizo la presente encuesta manifestó su interés y necesidad respecto a poder consumir agua directamente de la llave, sin tener que realizar ningún procedimiento antes de consumirla.

11.3. Análisis fisicoquímico

11.3.1. Análisis físicos y químicos

Al realizar las pruebas de laboratorio en la universidad Piloto de Colombia se obtienen los siguientes datos respecto a las características fisicoquímicas de las dos muestras de agua que se tomaron en la visita Numero 4 realizada el 18 de febrero de 2021, donde una muestra es de la Bocatoma y la otra es de una residencia suscrita al acueducto veredal.

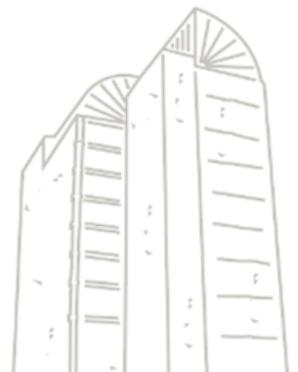
Tabla 9: Tabla de resultados de muestras iniciales.

ITEM FISICOQUIMICO	BOCATOMA	RESIDENCIAL	LIMITES MAXIMOS ESTABLECIDOS SEGÚN RES. 2115/2007
pH	7,64	6,98	6,5 A 9
Conductividad (Microsiemens/cm)	42,59	43,21	1000,00 μ S/cm
Turbiedad (FNU)	1,11	0,32	2,00 FNU
Color Aparente (PCU)	37	37	15,00 PCU
Acidez (mg/L)	0,16	0,14	50,00 mg/L
Alcalinidad (mg/L)	0,54	0,77	200,00 mg/L
Dureza Total (mg/L)	0,51	0,64	300,00 mg/L
Dureza Calcica (mg/L)	0,44	0,45	

Fuente: Propia

Adicionalmente la administración del acueducto veredal realizo unos estudios del agua de la bocatoma en el laboratorio Control Microbiológico ubicado en el Centro Comercial Centro Norte Oficina 014 en la ciudad de Tunja, Boyacá; Bajo el Informe de resultados No NOV20 FQ0632A– M2557A, revisado por la profesional Adriana Rueda Ulloa, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

ientes resultados:





CENTRO COMERCIAL CENTRO NORTE
OFICINA 014 – 3er PISO. TUNJA, BOYACÁ
TEL: 743.99.27 – CEL: 321.203.90.55 300.218.48.26
www.labcontrolmicrobiologico.com
info@labcontrolmicrobiologico.com

INFORME DE RESULTADOS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS N.º NOV20 FQ0632A- M2557A

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Punto de muestreo:	Bocatoma.				
Fuente:	Quebrada la Carbonera.				
Tipo de Muestra:	Agua Cruda con Destino a Consumo Humano.	Hora de toma:	09:20	Volumen de Muestra (mL)	1500
Fecha de toma de la muestra:	2020-11-08	Temperatura in situ (°C)	10	Temperatura recepción (°C)	2
Fecha de recepción de la muestra:	2020-11-08	Responsable de toma de muestra:	Mariela Piratova / Cliente.	Fecha de análisis:	2020-11-08
Nombre:	Asociación Acueducto Comunitario el Chuscal – Asochuscal.	Dirección:	Vereda San Isidro Cóbbita / Boyacá.		

RESULTADOS

Características Físicoquímicas

Analizado por QA01 Revisó M01

Análito Evaluado	Resultado Expresado como	Método analítico / Técnica	Resultado	Criterio Admisible	
Conductividad	(µS/cm)	EPA 120.1:1982	54	•	
Color Real	(U.P.C)	ISO 7887:2011	5,0	20 Solo desinfección.	75 Trat. Convencional.
pH	(Unidades de pH)	EPA 150.1:1982	6,50	5,00-9,00	
Turbidez	(U.N.T)	ISO 7027:1999	1,45	10,00	
Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃	DIN 38409-H7:2004-3	30,0	•	
Calcio	mg/L Ca	Hach 8222:2016	13,63	•	
Cloruros	mg/L Cl	EPA 325.1:1971	5,0	250	
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	Hach 8222:2016	48,0	•	
Fosfatos	mg/L PO ₄	EPA 365.3:1978	0,89	•	
Hierro	mg/L Fe	EPA 315 B:1999	0,32	2,00 (²)	
Magnesio	mg/L Mg	SM 3500 Mg B:2017	3,39	•	
Nitratos	mg/L N	ASTM D 3867-04	0,68	10,0	
Nitritos	mg/L N	ATP EPA/ORION AC2046	0,00	1,0	
Sulfatos	mg/L SO ₄	DIN 38405-5:1985-01	10,0	400	
Zinc	mg/L Zn	SM 3500-Zn B:2017	0,01	15,0	

Características Microbiológicas

Analizado por B01 Revisó M01

Análito Evaluado	Resultado Expresado como	Método analítico / Técnica	Resultado	Criterio Admisible	
Coliformes Totales	NMP/100 mL	SM 9221B:2017	280	1000 NMP/100 mL	Solo requiere desinfección.
				20.000 NMP/ 100 mL	Requiere tratamiento convencional
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	SM 9221E:2017	220	Si el resultado es <2,0 Solo requiere desinfección.	
				2.000 NMP/ 100 mL	Requiere tratamiento convencional

CONVENCIONES

SM: Standard Methods 23ª Edition/U.P.C: Unidades Platino Cobalto/U.N.T Unidades Nefelométricas de Turbidez. ND: No Detectable / U.F.C: Unidades Formadoras de colonia. EPA: Environmental Protection Agency. DIN: Instituto Alemán de Normalización. ISO: Organización Internacional de Normalización.

RESUMEN DE RESULTADOS:

Solo los resultados demarcados (**negrita y subrayados**) se encuentran por fuera de los valores aceptables consignados en la Normatividad Aplicable: Decreto 1076:2015, Artículos Transitorios 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 (**Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible**).

OBSERVACIONES:

(*) Para este analito no existe Límite Admisible Normativo.

-Este certificado solo puede ser reproducido por el laboratorio.

-Se indica que para su potabilización se requiere: **Tratamiento convencional** y/o Solo Desinfección.

ADRIANA RUEDA ULLOA.
Director Técnico.



Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio en donde se realizó los ensayos a las dos muestras, se determina que tanto el agua de la bocatoma como la que llega a las viviendas cumple con los parámetros de pH, conductividad, turbiedad, acidez , alcalinidad , dureza cálcica y total según la resolución 2115 del año 2007 ; sin embargo, se encuentra que el color aparente esta por fuera de los límites permitidos según la norma, adicionalmente los laboratorio que nos facilitó la administración fueron evaluado bajo el Decreto 1076 del 2015, específicamente con los Artículos Transitorios 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4, donde se evidencia que todos los parámetros cumplen .

Con base a lo anterior, se puede inferir que el agua de la fuente hídrica de la quebrada la carbonera se encuentra en condiciones fisicoquímicas adecuadas exceptuando el parámetro de color, encontrando que los estudios realizados en el laboratorio de la universidad Piloto de Colombia y los suministrados por la administración del acueducto coinciden en la mayoría de los parámetros dando más veracidad y confiabilidad a los resultados que se están brindado en esta investigación

11.3.2. Test de Jarras

En el desarrollo de las pruebas de laboratorio en la universidad Piloto de Colombia se realiza el test de jarras de las dos muestras de agua que se tomaron en la visita Numero 4 realizada el 18 de Febrero de 2021, donde una muestra corresponde a la Bocatoma y la otra es de una residencia suscrita al acueducto veredal, en donde se proporciona sulfato de aluminio en diez mil parte por millón en seis jarras de la siguiente forma: En la jarra 1 se adiciona 2ml de concentración de sulfato de aluminio , cantidad que se duplica en la siguiente jarra , es decir , la jarra 2 se le adiciona 4 ml y este mismo procedimiento hasta la jarra 6, como se evidencia en la siguiente tabla:



Tabla 10: Concentración de sulfato de aluminio en las jarras.

JARRA	SULFATO DE ALUMINIO
1	20 mg/l $Al_2(SO_4)_3$
2	40 mg/l $Al_2(SO_4)_3$
3	80 mg/l $Al_2(SO_4)_3$
4	160 mg/l $Al_2(SO_4)_3$
5	320 mg/l $Al_2(SO_4)_3$
6	640 mg/l $Al_2(SO_4)_3$

Fuente: Propia.

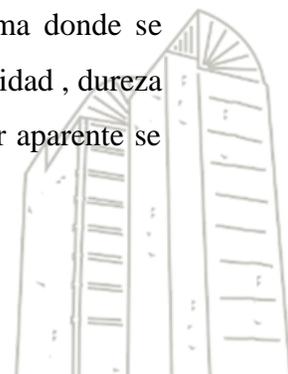
Posteriormente de realizar el procedimiento mencionado se obtienen los siguientes datos:

Tabla 11: Test de Jarras de muestra de la bocatoma

BOCATOMA								
			JARRAS					
ITEM FISICOQUIMICO	LIMITES MAXIMOS ESTABLECIDOS SEGÚN RES. 2115/2007	Inicial	1	2	3	4	5	6
Concetración de coagulante(mg/l)			20	40	80	160	320	640
pH	6,5 A 9	7,64	7,1	7,07	7,07	7,04	7,02	7,01
Conductividad (Microsiemens/cm)	1000,00 $\mu S/cm$	42,59	44,25	44,25	46,22	48,26	53,04	75,34
Turbiedad (FNU)	2,00 FNU	1,11	1,01	1,01	0,51	0,55	0,75	0,96
Color Aparente (PCU)	15,00 PCU	37	22	14	17	15	16	20
Acidez (mg/L)	50,00 mg/L	0,16	0,12	0,18	0,11	0,12	0,11	0,11
Alcalinidad (mg/L)	200,00 mg/L	0,54	0,2	0,14	0,1	0,1	1,1	0,08
Dureza Total (mg/L)	300,00 mg/L	0,51	0,42	0,47	0,44	0,55	0,42	0,42
Dureza Calcica (mg/L)		0,44	0,36	0,34	0,38	0,38	0,38	0,35

Fuente: Propia

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio, en donde se realizó los ensayos el test de jarras en la muestra del agua de la bocatoma donde se evidencia que los parámetros de pH, conductividad, turbiedad, acidez, alcalinidad , dureza cálcica y total según la resolución 2115 del año 2007, sin embargo, el color aparente se



logra ajustar en la norma en la jarra No 2, es decir , adicionando 4ml de sulfato de aluminio para de esta forma tener todos los parámetros fisicoquímicos en norma.

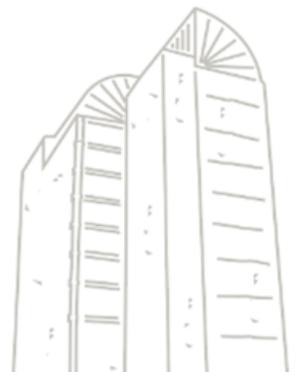
Tabla 12: Test de Jarras de muestra de la Vivienda

RESIDENCIAL								
			JARRAS					
ITEM FISICOQUIMICO	LIMITES MAXIMOS ESTABLECIDOS SEGÚN RES. 2115/2007	Inicial	1	2	3	4	5	6
Concetración de coagulante(mg/l)			20	40	80	160	320	640
pH	6,5 A 9	6,98	6,9	6,88	6,87	6,86	6,86	6,87
Conductividad (Microsiemens/cm)	1000,00 μ S/cm	43,21	43,73	44,68	47,6	47,5	51,32	80,35
Turbiedad (FNU)	2,00 FNU	0,32	0,71	0,26	0,28	0,29	0,55	1,39
Color Aparente (PCU)	15,00 PCU	37	22	16	21	16	27	24
Acidez (mg/L)	50,00 mg/L	0,14	0,12	0,13	0,12	0,14	0,12	0,2
Alcalinidad (mg/L)	200,00 mg/L	0,77	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,08
Dureza Total (mg/L)	300,00 mg/L	0,64	0,36	0,39	0,45	0,38	0,52	0,45
Dureza Calcica (mg/L)		0,45	0,3	0,34	0,37	0,37	0,42	0,34

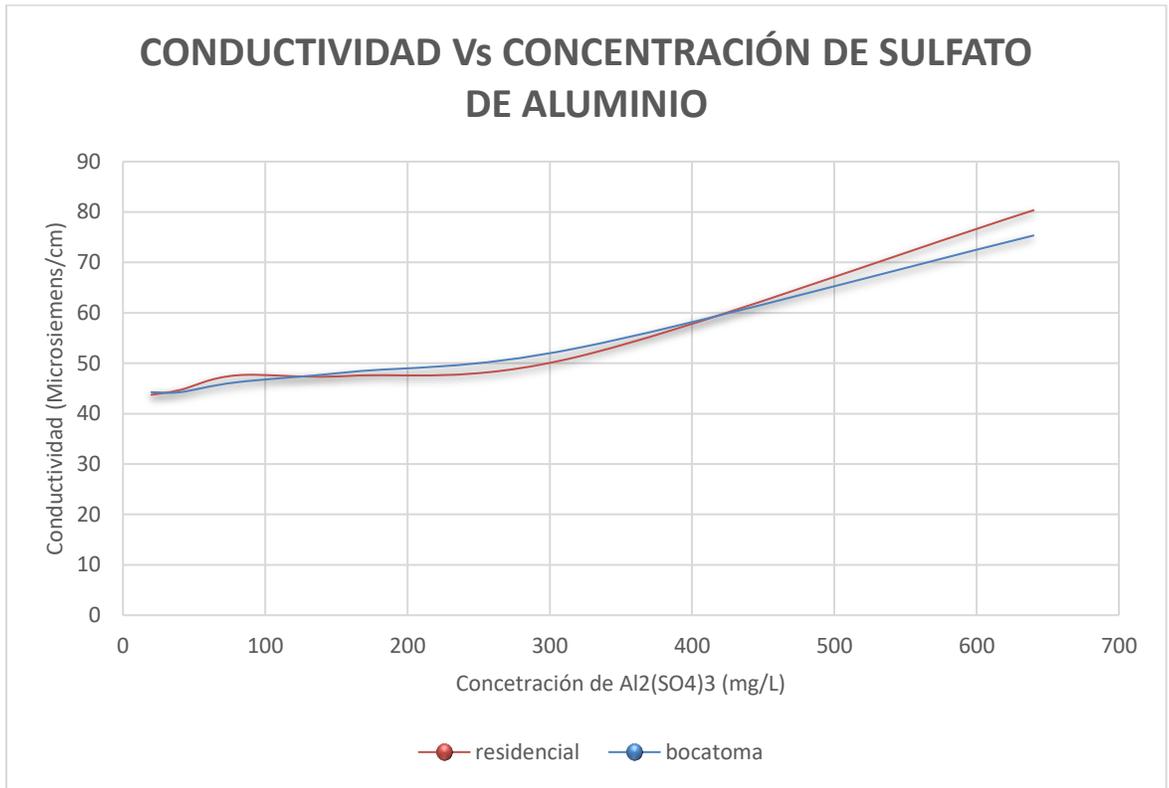
Fuente: Propia

Para la muestra del agua residencial se evidencia que los parámetros de pH, conductividad, turbiedad, acidez, alcalinidad , dureza cálcica y total según la resolución 2115 del año 2007, sin embargo, el color aparente no se logra ajustar a la norma , pero se evidencia que en las concentraciones de la Jarra 2 correspondiente a 20 mg/l de sulfato de aluminio y Jarra 4 correspondiente a 160 mg/l de sulfato de aluminio el color aparente llega a 16 PCU valor más cercano al máximo permitido por la norma que es 15PCU.

Se procede a realizar las gráficas de conductividad, pH, turbiedad, alcalinidad vs concentración de sulfato de aluminio, como se evidencia a continuación:



Grafica 7: Conductividad Vs Concentración de Sulfato de Aluminio

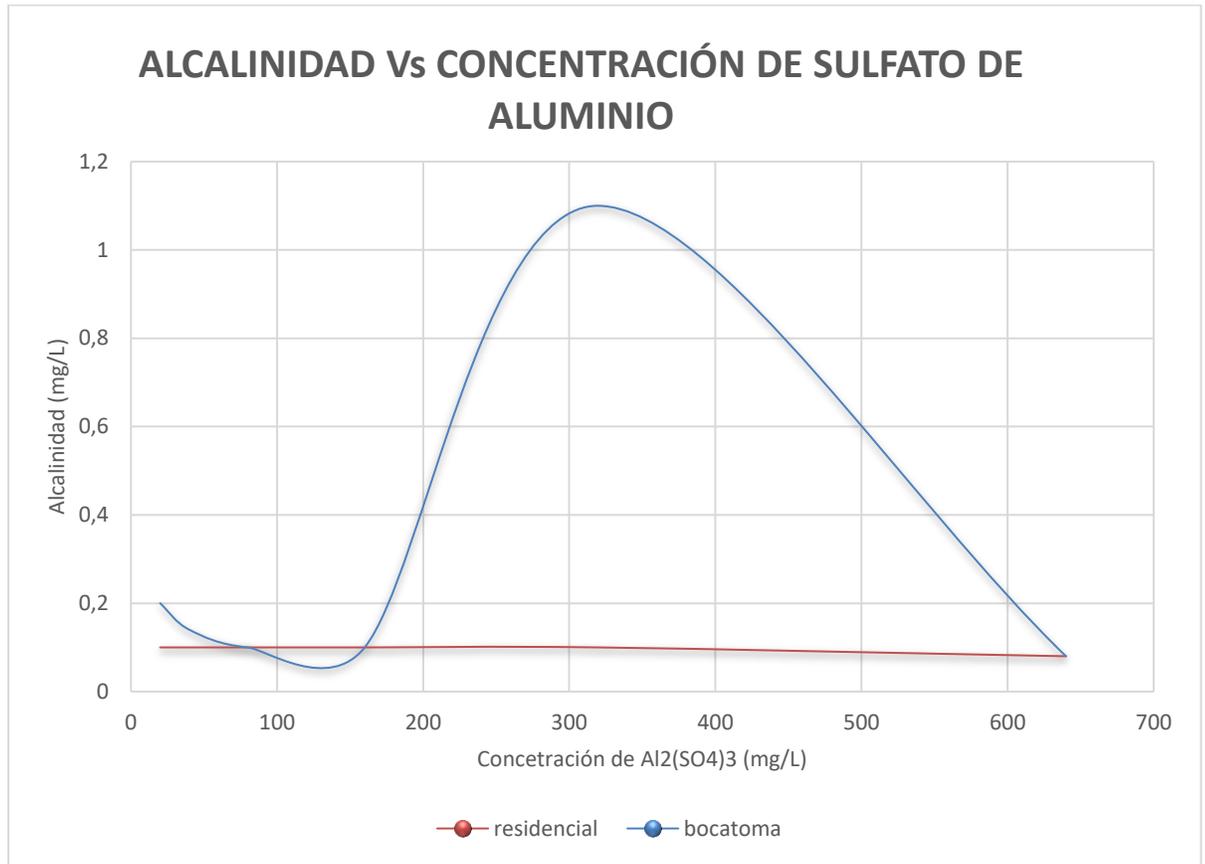


Fuente: Propia.

En la gráfica anterior, se evidencia que tiene una tendencia lineal al adicionar de 100 mg/L a 300mg/L de concentración de sulfato de aluminio, la conductividad se mantiene constante, posteriormente al adicionar de 300 mg/L a 600 mg/L de sulfato de aluminio se aumenta la conductividad de ambas muestras debido a que el coagulante reacciona con el agua y esto genera hidróxidos de aluminio lo que hace que haya iones hidróxido que pueden ser los causantes del aumento de la conductividad; finalmente es importante destacar que todos los valores obtenidos en la gráfica anterior están dentro del rango de aceptación de la resolución 2115 del 2007



Grafica 8: Alcalinidad Vs Concentración de sulfato de Aluminio

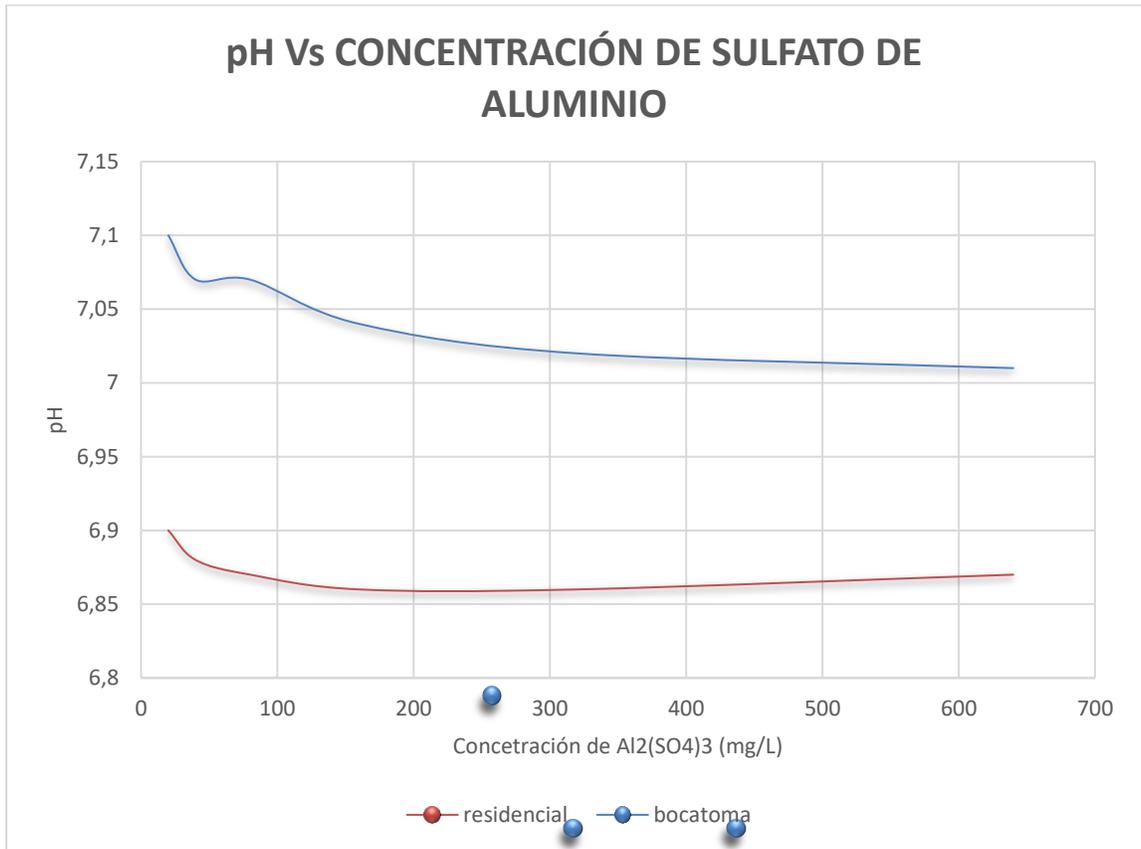


Fuente: Propia.

En la gráfica anterior, se evidencia que la alcalinidad no muestra reacción con las diferentes concentraciones de sulfato de aluminio manteniéndose en un rango de 0,1 mg/L a 0,2 mg/L , adicionalmente se evidencia que en la muestra de la bocatoma al añadir 320 mg/L de sulfato de aluminio se evidencia un aumento en la alcalinidad , el cual puede ser debido a un error de laboratorio ya que es un valor desviado de los demás; finalmente es importante destacar que todos los valores obtenidos en la gráfica anterior están dentro del rango de aceptación de la resolución 2115 del 2007.



Grafica 9: pH Vs Concentración de sulfato de Aluminio.

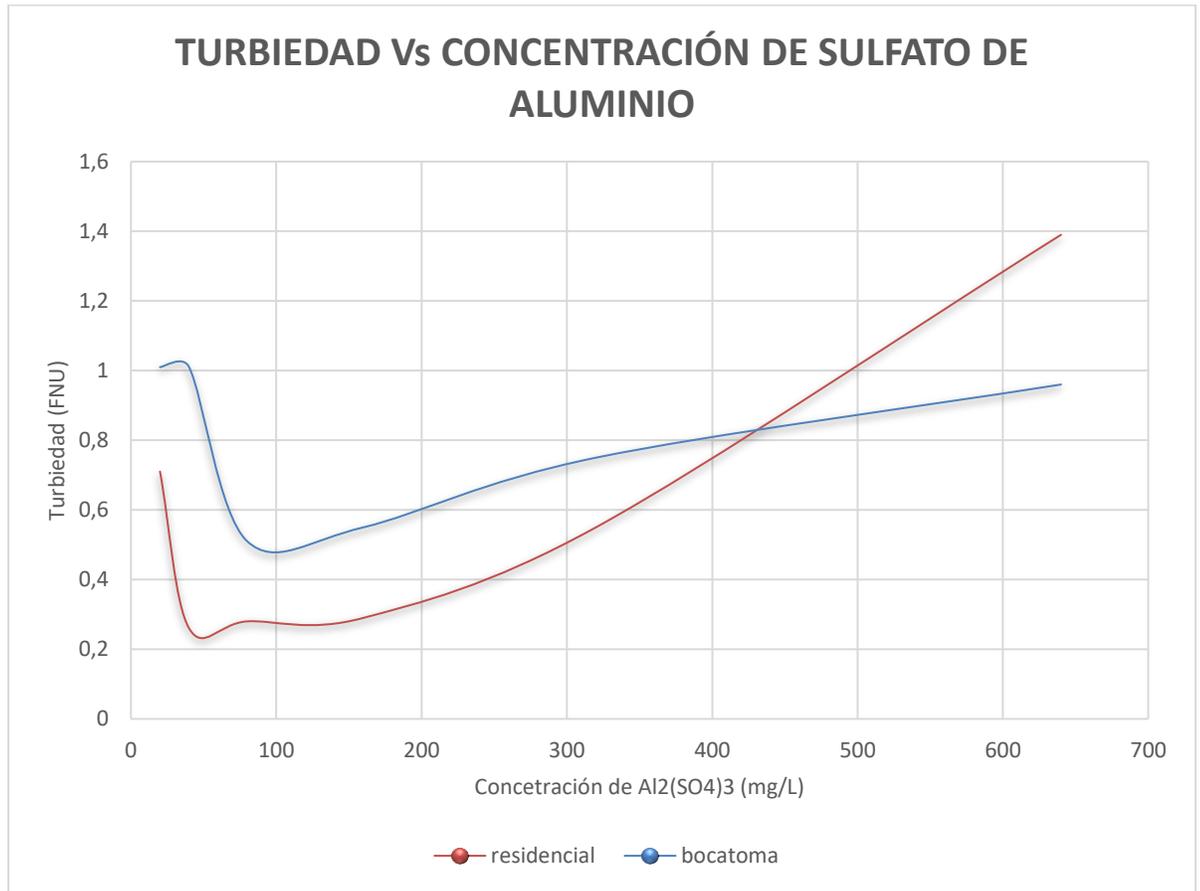


Fuente: Propia.

En la gráfica anterior se evidencia una leve disminución en los valores de pH a medida que se proporciona mayor concentración de aluminio, este fenómeno se presenta en ambas muestras debido a que el coagulante acidifica en bajas proporciones el agua, finalmente es importante destacar que todos los valores obtenidos en la gráfica anterior están dentro del rango de aceptación de la resolución 2115 del 2007.

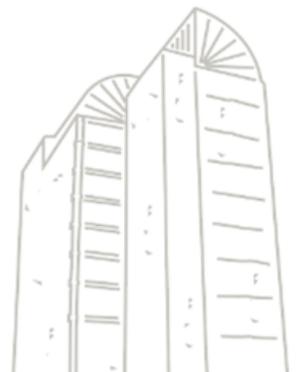


Grafica 10: Turbiedad Vs Concentración de Sulfato de Aluminio



Fuente: Propia

Con base a la gráfica anterior, se puede evidenciar que las dos muestras tienen un comportamiento lineal muy similar, en donde se evidencia que la mejor concentración para la muestra residencia es de 40 mg/L de coagulante y para la muestra bocatoma la mejor concentración es de 80 mg/L de coagulante, esto se debe a que en estas concentraciones la turbiedad tiene sus valores más bajos y posteriormente las concentraciones ya no son adecuadas para las muestras debido a que quedan flóculos suspendidos en ellas y hacen que la turbiedad aumente, finalmente es importante destacar que todos los valores obtenidos en la gráfica anterior están dentro del rango de aceptación de la resolución 2115 del 2007.



11.4. Análisis microbiológico.

El análisis microbiológico de la fuente hídrica del acueducto veredal se realizó por medio del laboratorio Control Microbiológico ubicado en el Centro Comercial Centro Norte Oficina 014 en la ciudad de Tunja, Boyacá; Bajo el Informe de resultados No NOV20 FQ0632A– M2557A, revisado por la profesional Adriana Rueda Ulloa, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 13: Características microbiológicas

Características Microbiológicas					Analizado por B01 Revisó M01	
Analito Evaluado	Resultado Expresado como	Método analítico / Técnica	Resultado	Criterio Admisible		
Coliformes Totales	NMP/100 mL	SM 9221B:2017	280	1000 NMP/100 mL	Solo requiere desinfección.	
				20.000 NMP/ 100 mL	Requiere tratamiento convencional	
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	SM 9221E:2017	220	Si el resultado es <2,0 Solo requiere desinfección.		
				2.000 NMP/ 100 mL	Requiere tratamiento convencional	

CONVENCIONES

SM: Standard Methods 23rd Edition/U.P.C: Unidades Platino Cobalto/U.N.T Unidades Nefelométricas de Turbidez. ND: No Detectable / U.F.C: Unidades formadoras de colonia. EPA: Environmental Protection Agency. DIN: Instituto Alemán de Normalización. ISO: Organización Internacional de Normalización.

Fuente: Tomada del Informe No NOV20 FQ0632A, Control Microbiológico.

Teniendo en cuenta que la resolución 2115 del 2007 tiene los parámetros en las unidades UFC/100 cm³, se procede a realizar la conversión de unidades, teniendo en cuenta el artículo denominado “*Calidad microbiológica de una fórmula enteral lista para usar*”, donde indica la siguiente equivalencia:

NMP/ml UFC/ml

< 0,9 NMP/ml = ausencia

1 _ 9 NMP/ml = ≤ 10 ufc/ml

> 10 NMP/ml = > 10 ufc/ml

Tomado de: Juan Kehr S., Blanca Morales V., Paula Contreras Sch., Lorian Castillo D. y Waldo Aranda Ch., (2004). *Calidad microbiológica de una fórmula enteral lista para usar*. Scielo, (), p.1,



Con base a la información anterior realizamos la conversión a las unidades solicitadas por la resolución 2115 de 2007

- Coliformes totales

$$280 \frac{NMP}{100mL} = 280 \frac{UFC}{100cm^3}$$

- Coliformes termo tolerantes

$$220 \frac{NMP}{100mL} = 220 \frac{UFC}{100cm^3}$$

Teniendo en cuenta los resultados suministrados por la administración del acueducto veredal donde se realiza un análisis microbiológico y con base al parágrafo 2 del artículo 12 de la resolución 2115 /2007 indica:”. Ninguna muestra de agua para consumo humano debe contener E. coli en 100 cm³ de agua, independientemente del método de análisis utilizado”, por tal razón se evidencia que las pruebas microbiológicas no están dentro de la norma ya que para coliformes totales está en 280 UFC/cm³ y para coliformes termo tolerantes 220 UFC/cm³

11.5. Índice de riesgo de calidad del agua (I.R.C.A.)

Se realiza el cálculo del Índice de riesgo de calidad de agua de la muestra de la bocatoma y de la muestra de la vivienda, debido a que el recurso hídrico del acueducto veredal “Los Tanques” está siendo utilizada para el consumo humano, a pesar de que el IRCA se aplica sobre muestras de agua tratadas o potables, es un I.R.C.A parcial, debido a que no se cuentan con todos los valores de los parámetros requeridos por la norma.

11.5.1. Bocatoma.

El índice de riesgo de calidad del agua de la muestra de la bocatoma esta efectuado en el 76% de lo regulado en la resolución 211 del 2007, dicho porcentaje se obtuvo de la siguiente manera:



Tabla 14: Puntaje de Riesgo IRCA para la Bocatoma

CARACTERISTICA	PUNTAJE DE RIESGO	PUNTAJE PARCIAL
Color Aparente (PCU)	6,00	6
Turbiedad (FNU)	15,00	15
pH	1,50	1,5
Cloro Residual	15,00	
Alcalinidad total(mg/L)	1,00	1
Calcio (mg/L)	1,00	1
Fosfato (mg/L)	1,00	1
Manganeso (mg/L)	1,00	
Molibdeno (mg/L)	1,00	
Magnesio (mg/L)	1,00	1
Zinc (mg/L)	1,00	1
Dureza Total (mg/L)	1,00	1
Sulfatos (mg/L)	1,00	1
Hierro total (mg/L)	1,50	1,5
Cloruros (mg/L)	1,00	1
Nitratos (mg/L)	1,00	1
Nitritos (mg/L)	3,00	3
Aluminio (mg/L)	3,00	
Fluoruros (mg/L)	1,00	
COT	3,00	
Coliformes totales	15,00	15
Escherichia Coli	25,00	25
SUMATORIA	100,00	76,00

Fuente: Propia.

Posteriormente, se toman los resultados obtenidos en el laboratorio y los brindados por la administración del acueducto con el fin de obtener la mayor cantidad de datos y obtener el I.R.C.A en el porcentaje más alto, en la siguiente tabla se evidencia los límites establecidos según la resolución 2115 del 2007 y los obtenidos en la muestra de la bocatoma, en donde los parámetros que no cumplen con la norma son resaltados en color amarillo.

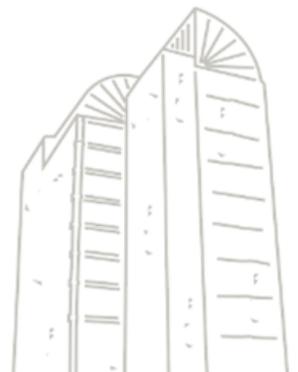


Tabla 15: Resultado de laboratorio de muestra de bocatoma

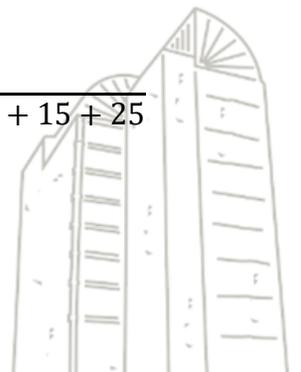
CARACTERISTICA	LIMITES MAXIMOS ESTABLECIDOS SEGÚN RES. 2115/2007	RECURSO HIDRICO
Color Aparente (PCU)	15,00 PCU	37
Turbiedad (FNU)	2,00 FNU	1,11
pH	6,5 a 9	7,64
Alcalinidad total(mg/L)	200,00 mg/L	0,54
Calcio (mg/L)	60 mg/L	13,63
Fosfato (mg/L)	0,5 mg/L	0,89
Magnesio (mg/L)	36 mg/L	3,39
Zinc (mg/L)	3 mg/L	0,01
Dureza Total (mg/L)	300,00 mg/L	48
Sulfatos (mg/L)	250 mg/L	10
Hierro total (mg/L)	0,3 mg/L	0,32
Cloruros (mg/L)	250 mg/L	5
Nitratos (mg/L)	10 mg/L	0,68
Nitritos (mg/L)	0,1 mg/L	0
Coliformes totales	0 UFC/cm ³	280
Escherichia Coli	0 UFC/cm ³	220

Fuente: Propia

Se procede a calcular por medio de una media ponderada, teniendo en cuenta los valores de riesgo de cada característica fisicoquímica y microbiológica, según el impacto en la calidad del agua, utilizando la siguiente ecuación:

$$IRCA (\%) = \frac{\text{puntaje de riesgo asignado a las características no aceptables}}{\text{Puntaje de riesgo asignados a todas las características analizadas}} \times 100$$

$$IRCA(\%) = \frac{6 + 1 + 1,5 + 15 + 25}{6 + 15 + 1,5 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1,5 + 1 + 1 + 3 + 15 + 25}$$



$$IRCA(\%) = \frac{48,5}{76} \times 100$$

$$IRCA(\%) = 63,82 \%$$

Teniendo en cuenta el artículo 15 de la resolución 2115 del 2007, llamado clasificación del nivel de riesgo del agua suministrada para el consumo humano, se establece la siguiente clasificación:

Tabla 16: Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra

Clasificación IRCA (%)	Nivel de Riesgo	IRCA por muestra (Notificaciones que adelantará la autoridad sanitaria de manera inmediata)	IRCA mensual (Acciones)
80.1 -100	INVIABLE SANITARIAMENTE	Informar a la persona prestadora, al COVE, Alcalde, Gobernador, SSPD, MPS, INS, MAVDT, Contraloría General y Procuraduría General.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora, alcaldes, gobernadores y entidades del orden nacional.
35.1 - 80	ALTO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde, Gobernador y a la SSPD.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos.
14.1 - 35	MEDIO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde y Gobernador.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de la persona prestadora.
5.1 - 14	BAJO	Informar a la persona prestadora y al COVE.	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: Tomado del Artículo 15 de la Resolución 2115 de 2007. (Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007, Pág. 9).

Con base a la tabla citada anteriormente se evidencia que el IRCA que se estudio tuvo un porcentaje del 63,82% lo que la clasifica en un nivel de riesgo ALTO, por ende, se debe informar a la asociación Acueducto comunitario El chuscal- Asochuscal ya que son la organización prestadora del servicio, debido a que el recurso hídrico que está llegando a las viviendas presenta un nivel de riesgo alto lo que hace que el recurso hídrico no sea apto para consumo humano.

El porcentaje del IRCA es razonable debido a que el recurso hídrico no presenta ningún tipo de tratamiento, adicionalmente la presencia de coliformes totales y termo tolerantes o



Escherichia Coli se pueden presentar debido a que muy cerca de la zona de captación se encuentran animales domésticos como lo son vacas, perros, ovejas y muchos de ellos se encuentran sueltos, lo que hace posible que tengan acceso al área donde se encuentra la captación

11.5.2. Residencial

El índice de riesgo de calidad del agua de la muestra de la vivienda esta efectuado en el 24,5% de lo regulado en la resolución 211 del 2007, dicho porcentaje se obtuvo de la siguiente manera:

Tabla 17: Puntaje de Riesgo IRCA residencial

CARACTERISTICA	PUNTAJE DE RIESGO	PUNTAJE PARCIAL
Color Aparente (PCU)	6	6
Turbiedad (FNU)	15	15
pH	1,5	1,5
Cloro Residual	15	
Alcalinidad total(mg/L)	1	1
Calcio (mg/L)	1	
Fosfato (mg/L)	1	
Manganeso (mg/L)	1	
Molibdeno (mg/L)	1	
Magnesio (mg/L)	1	
Zinc (mg/L)	1	
Dureza Total (mg/L)	1	1
Sulfatos (mg/L)	1	
Hierro total (mg/L)	1,5	
Cloruros (mg/L)	1	
Nitratos (mg/L)	1	
Nitritos (mg/L)	3	
Aluminio (mg/L)	3	
Fluoruros (mg/L)	1	



COT	3	
Coliformes totales	15	
Escherichia Coli	25	
SUMATORIA	100	24,5

Fuente: Propia

Posteriormente, se toman los resultados obtenidos en el laboratorio, en la siguiente tabla se evidencia los límites establecidos según la resolución 2115 del 2007 y los obtenidos en la muestra de la bocatoma, en donde los parámetros que no cumplen con la norma son resaltados en color amarillo.

Tabla 18: Resultado de laboratorio de muestra de la residencia

CARACTERISTICA	LIMITES MAXIMOS ESTABLECIDOS SEGÚN RES. 2115/2007	RECURSO HIDRICO
Color Aparente (PCU)	15,00 PCU	37
Turbiedad (FNU)	2,00 FNU	0,32
pH	6,5 A 9	6,98
Alcalinidad total(mg/L)	200,00 mg/L	0,77
Dureza Total (mg/L)	300,00 mg/L	48

Fuente: Propia

Se procede a calcular por medio de una media ponderada, teniendo en cuenta los valores de riesgo de cada característica fisicoquímica y microbiológica, según el impacto en la calidad del agua, utilizando la siguiente ecuación:

$$IRCA (\%) = \frac{\text{puntaje de riesgo asignado a las características no aceptables}}{\text{Puntaje de riesgo asignados a todas las características analizadas}} \times 100$$

$$IRCA(\%) = \frac{6}{6 + 15 + 1,5 + 1 + 1}$$

$$IRCA(\%) = \frac{6}{24,5} \times 100$$

$$IRCA(\%) = 24,49 \%$$



Teniendo en cuenta el artículo 15 de la resolución 2115 del 2007, llamado clasificación del nivel de riesgo del agua suministrada para el consumo humano, se establece la siguiente clasificación:

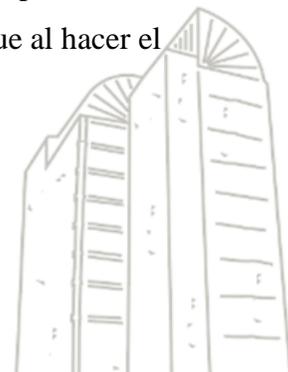
Tabla 19: Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra

Clasificación IRCA (%)	Nivel de Riesgo	IRCA por muestra (Notificaciones que adelantará la autoridad sanitaria de manera inmediata)	IRCA mensual (Acciones)
80.1 -100	INVIABLE SANITARIAMENTE	Informar a la persona prestadora, al COVE, Alcalde, Gobernador, SSPD, MPS, INS, MAVDT, Contraloría General y Procuraduría General.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora, alcaldes, gobernadores y entidades del orden nacional.
35.1 - 80	ALTO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde, Gobernador y a la SSPD.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos.
14.1 – 35	MEDIO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde y Gobernador.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de la persona prestadora.
5.1 - 14	BAJO	Informar a la persona prestadora y al COVE.	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: Tomado del Artículo 15 de la Resolución 2115 de 2007. (Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007, Pág. 9).

Con base a la tabla citada anteriormente se evidencia que el IRCA que se estudio tuvo un porcentaje del 24,49% lo que la clasifica en un nivel de riesgo MEDIO, por ende, se debe informar a la asociación Acueducto comunitario El chuscal- Asochuscal ya que son la organización prestadora del servicio, debido a que el recurso hídrico que está llegando a las viviendas presenta un nivel de riesgo medio lo que hace que el recurso hídrico no sea apto para consumo humano.

El porcentaje del IRCA es razonable debido a que el recurso hídrico no presenta ningún tipo de tratamiento, adicionalmente es importante aclarar que este análisis de IRCA está en un menor porcentaje al de la bocatoma y teniendo en cuenta que los parámetros fisicoquímicos no tuvieron grandes cambios entre las muestras es probable que al hacer el IRCA completo en ambas muestras su nivel de riesgo sea igual.



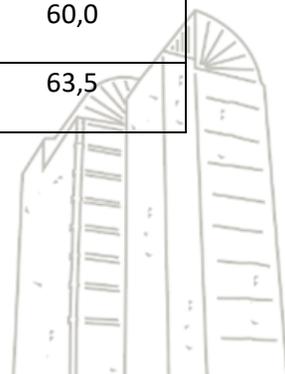
11.6. Modelo de presiones del sistema

Se realiza la respectiva visita a campo, donde se encuentran los siguientes datos de coordenadas y presiones:

Tabla 20: Coordenadas y presiones

LABEL	ID EPANET	X	Y	Z (msnm)	PRESIONES (psi)	Presiones (m.c.a)
1		685272	625402	2953		
2		685288	625380	2950		
3		685368	625323	2935		
4	Conexión C-56	685977,014	625420,577	2899	39,4	27,7
5	Conexión C-60	686061,665	625422,152	2898	32,5	22,9
6	Conexión C-58	686041,064	625298,185	2892	35,4	24,9
7	Conexión C-63	686120,009	625454,086	2895	36,2	25,5
8	Conexión C-21	686138,564	625406,199	2891	37,1	26,1
9	Conexión C-80	686356,038	625241,036	2859	45,6	32,1
10	Conexión C-81	686354,629	625170,614	2855	46,4	32,7
11	Conexión C-82	686601,461	625085,565	2829	80,2	56,5
12	Conexión C-83	686636,948	624975,437	2821	82,3	57,9
13	Conexión C-84	686744,992	624944,963	2812	90,2	63,5
14	Conexión C-85	686979,63	624978,748	2803	95,4	67,2
15	Conexión C-86	686919,201	625072,885	2809	101,2	71,2
16	Conexión C-22	687020,845	625058,711	2803	98,4	69,3
17	Conexión C-88	687049,551	625092,293	2802	100,2	70,5
18	Conexión C-23	687589,834	624486,035	2730	99,6	70,1
19	Conexión C-19	687515,024	624435,259	2732	135,9	95,7
20	Conexión C-55	686799,492	623929,019	2760	157,4	110,8

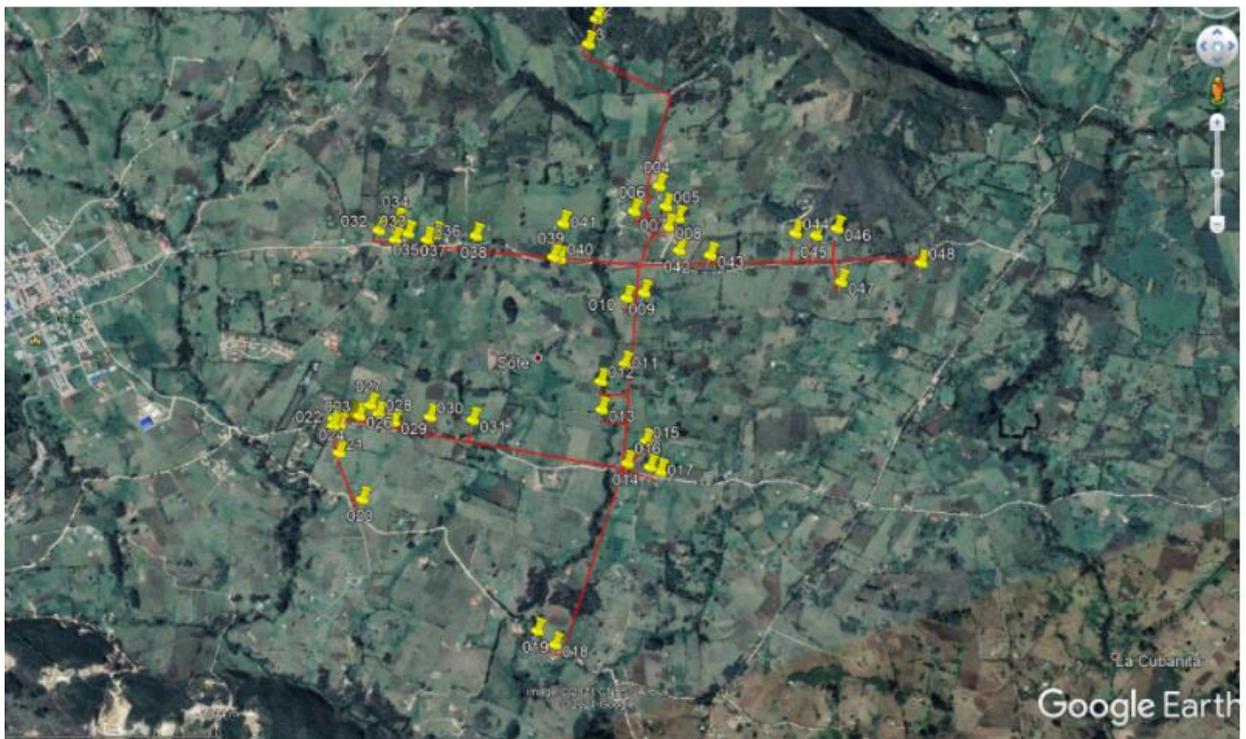
21	Conexión C-25	686594,359	623897,902	2770	154,6	108,8
22	Conexión C-95	686484,593	623908,044	2779	98,4	69,3
23	Conexión C-96	686489,052	623933,694	2780	97,6	68,7
24	Conexión C-24	686457,999	623920,057	2782	100,2	70,5
25	Conexión C-94	686464,311	624000,983	2787	88,4	62,2
26	Conexión C-93	686477,775	624020,25	2787	70,2	49,4
27	Conexión C-92	686451,021	624076,733	2792	69,4	48,9
28	Conexión C-26	686494,983	624096,296	2791	68,3	48,1
29	Conexión C-91	686543,045	624144,14	2788	66,1	46,5
30	Conexión C-90	686567,327	624287,094	2793	65,4	46,0
31	Conexión C-89	686630,153	624445,664	2792	66,5	46,8
32	Conexión C-78	685804,16	624322,666	2861	93,4	65,8
33	Conexión C-77	685858,955	624371,636	2854	92,6	65,2
34	Conexión C-79	685790,755	624405,081	2858	79,6	56,0
35	Conexión C-20	685850,493	624427,73	2858	37,8	26,6
36	Conexión C-76	685897,637	624491,729	2858	39,2	27,6
37	Conexión C-75	685887,259	624530,484	2861	38,5	27,1
38	Conexión C-74	685942,049	624679,798	2866	40,3	28,4
39	Conexión C-72	686114,911	624944,086	2873	38,2	26,9
40	Conexión C-71	686128,41	624966,895	2873	39,5	27,8
41	Conexión C-73	686002,073	625020,26	2887	35,3	24,9
42	Conexión C-64	686240,087	625420,737	2882	75,2	52,9
43	Conexión C-65	686294,728	625531,06	2880	85,2	60,0
44	Conexión C-66	686314,606	625873,061	2890	90,2	63,5



45	Conexión C-67	686346,341	625947,77	2882	87,4	61,5
46	Conexión C-68	686345,4	626033,901	2891	89,5	63,0
47	Conexión C-69	686549,536	625990,186	2863	90,2	63,5
48	Conexión C-70	686573,428	626310,23	2873	80,9	57,0

Posteriormente, se procede a realizar una geo referenciación de los puntos obtenidos del acueducto veredal, por medio de Google Earth.

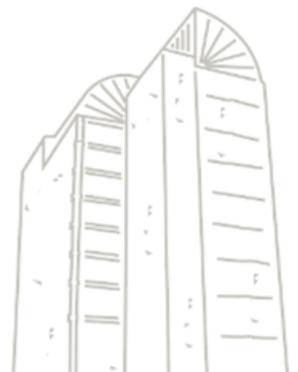
Ilustración 14: Georreferenciación de la Red de distribución



Tomado de: Google Earth. (s.f.). [Cómbita, Boyacá]. Recuperado el 24 de marzo de 2021.

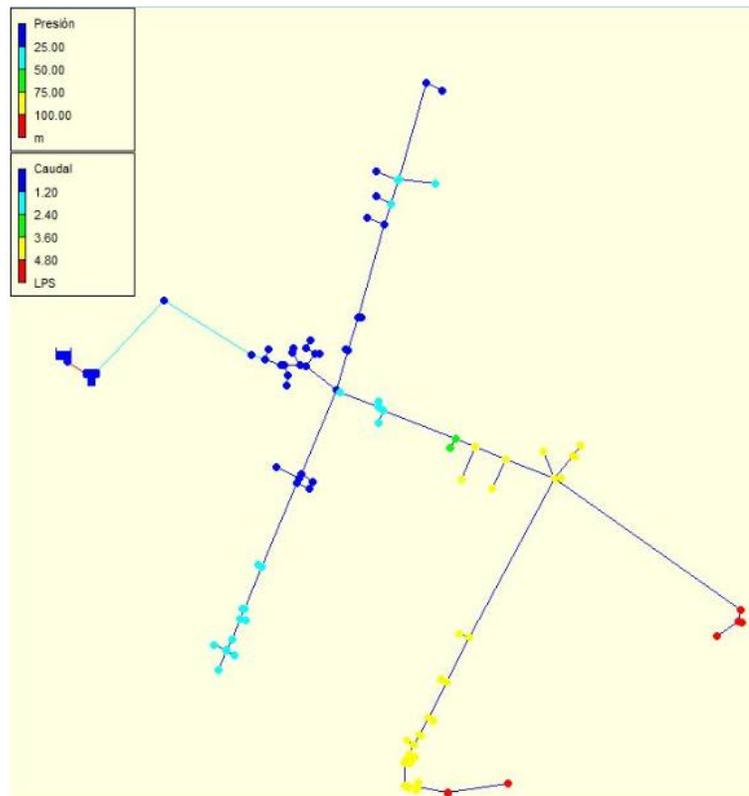
Con la información obtenida anteriormente se procede a realizar el modelamiento en el programa de EPANET, teniendo en cuenta las siguientes condiciones:

- Diámetros:
 - 2'': conexión embalse-tanque de almacenamiento

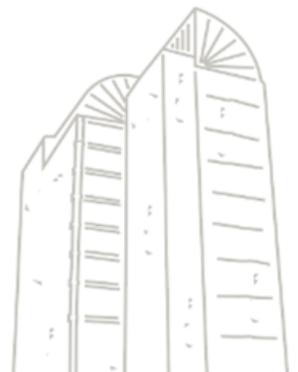


- 1.5": red de distribución
- 1": red de distribución
- 0.5": acometidas
- Material de tuberías: PVC con rugosidad de 0.0015 mm
- Coeficiente de pérdidas de energía por accesorios $k = 1.0$
- Demanda base en todos los nodos de salida igual a 0.0027 LPS
- Longitud total de tuberías: 8391,4 m
- Tanque de almacenamiento
 - Capacidad máxima de 30 m³
 - Nivel mínimo: 2 m
 - Nivel inicial: 2.01 m
 - Nivel máximo: 2.388 m

Ilustración 15: Modelamiento de red de distribución



Fuente: Propia.



Previo al análisis de los resultados obtenidos mediante el software EPANET, es importante realizar algunas salvedades que se detallan a continuación:

Con base a los datos tomados en campo se evidencia que la presión mínima registrada en campo posee un valor de 22.9 m.c. a, mientras que la presión máxima posee un valor de 110.8 m.c.a. Los valores usuales de presión que se recomiendan para tuberías de uso doméstico se localizan dentro del rango de 10 a 50 m.c.a., por lo que se detalla que el valor más bajo registrado se encuentra dentro de lo admisible, sin embargo, el valor más alto sobrepasa por mucho los límites para no generar daños en la tubería y accesorios. Puede deberse este valor a errores humanos en el momento de la medición.

Por lo anterior, las altas presiones calculadas en el modelo pueden deberse en parte a que la red no fue simulada completamente, alrededor del 50% de salidas del sistema no fueron cargados, motivo por el cual puede generarse una sobrepresión.

En cuanto a las simulaciones realizadas en EPANET, se tiene que el valor máximo de presión corresponde a 165.5 m.c. a, mientras que el mínimo posee un valor de 7.25 m.c.a. Las diferencias máximas y mínimas con referencia a los valores medidos corresponden a 136% y 0.08%, respectivamente, dicha diferencia de error en algunos datos tan alta se puede atribuir a la evidente ausencia de parámetros básicos dados por la topografía tales como pendientes, la concepción del sistema como caudales de diseño y dotaciones detalladas; el registro completo de presiones en campo en todos los puntos del sistema, teniendo en cuenta que la administración del acueducto no cuenta con ninguna de esta información debido a que no se han realizado estudios sobre el mismo, lo que hace que este proyecto de investigación tenga un alto nivel de aporte al estado del arte para construir una información completa.

Finalmente, Se observa también que en el modelo se presentan velocidades de flujo en las tuberías inferiores a 0.6 m/s, lo cual puede favorecer procesos de sedimentación en las mismas, lo que evidenciaría el porque disminuye la turbiedad del recurso hídrico en las viviendas; adicionalmente las velocidades máximas en la tubería no sobrepasan los 5 m/s, asegurando así la no presencia de procesos erosivos o de alto impacto en el funcionamiento del sistema



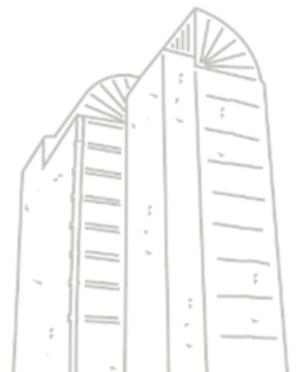
12. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO

Teniendo en cuenta todo el estudio que se realizó en el presente proyecto de investigación, se plantea una propuesta de mejoramiento de los aspectos evaluados, tales como infraestructura del acueducto veredal, percepción de los usuarios, análisis fisicoquímico, análisis microbiológico y porcentaje de índice de riesgo de calidad del agua, teniendo en cuenta que, aunque esta no es tratada si es utilizada por el consumo humano.

Con base a lo anterior, se determinó que la infraestructura del acueducto veredal Los Tanques cuenta con una serie de aspectos a mejorar que se mencionaran a continuación:

La captación se encuentra en malas condiciones debido a que la infraestructura no se le realiza mantenimiento continuamente y requiere varias adecuaciones:

- Demarcar la zona de captación con al menos 50 metros de distancia por medio de una cerca, con el fin de garantizar el no acceso de animales domésticos, visitantes y cualquier agente que pueda ser amenaza de contaminación para la bocatoma.
- El tanque abierto donde se realiza la captación tiene un cubrimiento con una polisombra que está en muy mal estado, por esta razón se recomienda desecharla y realizar una nueva cubierta que cuente con condiciones óptimas, teniendo en cuenta que debe ser una intervención que no contamine la fuente hídrica.
- Limpieza periódica de la zona de captación, debido a que se evidencia que la capa vegetal crece rápidamente, por esta razón es importante realizar el descapote o retiro de pasto y plantas que crecen en el borde del tanque de almacenamiento abierto con el fin de mitigar elementos que puedan contaminar el recurso hídrico.
- La rejilla que se encuentra en la captación actualmente no está cumpliendo ninguna función, por esta razón se recomienda reubicar esta rejilla con el fin de que cumpla con su función que es evitar el paso de objetos o partículas de gran tamaño que puedan afectar la tubería.



- La caja de inspección que se encuentra en la salida de la bocatoma que dirige al tanque de almacenamiento requiere de limpieza y mantenimiento debido a que se encuentra en malas condiciones.
- La tubería que conduce de la fuente de abastecimiento al tanque de almacenamiento se recomienda tapar la tubería de tal forma que no quede a la vista ya que esta puede sufrir daños y podría ocasionar un daño en donde halla suspensión del servicio

El tanque de almacenamiento requiere una limpieza y mantenimiento periódico debido a que se evidencia que no es regular el lavado de este, lo que puede afectar en gran forma la calidad del agua, adicionalmente retirar la capa vegetal que se encuentra en la caja de inspección donde están los manómetros de la salida del tanque.

Implementar una planta de tratamiento de agua potable (PTAP) con el fin de que por medio del vertedero se pueda tener aforos y de esta forma cumplir con lo permitido en la resolución Número 0669 del 13 de Marzo de 2019 de la concesión de agua superficial al acueducto, en la dosificación de Cal y sulfato de aluminio se puedan llevar parámetros como color aparente y sulfatos a los límites establecidos por la resolución 2115 de 2007, adicionalmente con el dosificador de color eliminar la problemática microbiológica que se presenta actualmente y de esta forma mitigar problemas de salubridad y brindar agua de calidad que cumpla con los estándares establecidos por las entidades reguladoras.

Realizar un levantamiento topográfico detallado con equipos de alta precisión, planos de esquematización del trazado, realizar aforos y el registro completo de presiones de todos los puntos asociados al acueducto veredal con el fin de realizar un plano de distribución de la red hídrica completo, para de esta forma tener conocimiento en detalle de cómo está conformado el acueducto en su totalidad.



13. RECOMENDACIONES

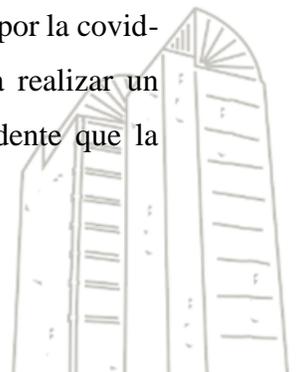
- Generar mesas de trabajo con la comunidad que habita cerca a la bocatoma con el fin de crear sentido de pertenencia y consciencia del cuidado de esta fuente de abastecimiento y de esta forma lograr que sus animales no tengan contacto con el recurso hídrico.
- Capacitar y sensibilizar a las personas encargadas del mantenimiento del acueducto veredal con el fin de que sea un trabajo sea apropiado a los requerimientos que presenta la infraestructura.
- Desarrollar programas donde se involucre a la alcaldía Municipal de Cóbbita Boyacá, Empresa de servicios públicos y Corpoboyacá con el fin que brinden asesorías a los procesos que se ejecutan dentro del acueducto, logrando así tener conceptos profesionales de entidades reguladores.
- Crear un manual de mantenimiento del acueducto veredal con el fin que todas las personas que sean contratadas tengan la información necesaria para poder desarrollar su trabajo sin ningún inconveniente.
- Se recomienda generar un IRCA contemplando todos los parámetros establecidos en la resolución 2115 de 2007, con el fin de conocer el índice de riesgo de calidad del agua en un 100%.
- En el momento de realizar los estudios topográficos utilizar equipos de alta precisión con el fin de mitigar el margen de error en las cotas, pendientes y demás información que se requiera.



14. CONCLUSIONES

En el desarrollo de este proyecto de investigación y teniendo en cuenta la pregunta problema y los objetivos planteados que van dirigido a la calidad del agua y red de distribución actual del recurso hídrico se puede concluir que:

- Las condiciones actuales del recurso hídrico que suministra el acueducto vereda “Los Tanques” no son buenas, debido a que según el índice de riesgo de calidad su clasificación es riesgo alto, debido a que parámetros como color aparente, Coliformes totales y Escherichia Coli que tienen gran porcentaje en el IRCA, se encuentran fuera de la norma lo que hacen que este recurso hídrico no sea apto para el consumo del ser humano.
- Las pruebas de laboratorio demostraron que la muestra de agua de la bocatoma llega en condiciones fisicoquímicas muy parecidas a las viviendas, por tal motivo, se puede inferir que ambas tienen el mismo nivel de riesgo.
- Se evidencia que el recurso hídrico no tiene ningún tratamiento por parte del acueducto veredal, lo que pone en riesgo la salud de los suscriptos al mismo, adicionalmente que no se cuenta un plano sobre la red de distribución del acueducto veredal.
- Con base al trabajo de campo y las encuestas realizadas con la población que tiene acceso al recurso hídrico se manifiesta la necesidad de tener acceso al consumo de agua sin necesidad de realizar ningún procedimiento de purificación antes de su consumo.
- La infraestructura del acueducto en general requiere un mantenimiento y limpieza profunda debido a que son condiciones no son las mejores, teniendo en cuenta la capacitación de las personas que van a realizar dicho trabajo, con el fin de tener un trabajo eficiente y no contaminar el recurso hídrico.
- Se plantea un plan de mejora que consiste en hacer una Planta de tratamiento (PTAP) con el fin de tener una óptima calidad del recurso hídrico y de esta forma no presentar problemas de salud pública.
- Se realiza un levantamiento de la mayor información posible de la red de distribución, teniendo en cuenta la alerta sanitaria que se vive actualmente a nivel mundial por la covid-19, por tal razón, se realiza toma de presiones y cotas en 45 puntos para realizar un modelamiento en EPANET de la red hídrica del acueducto, con el precedente que la



administración del acueducto no cuenta con ningún plano o estudio sobre dicha red, lo que hace que este proyecto de investigación tenga un alto nivel de importancia ya que con él hay un gran avance para poder construir la red de distribución del acueducto.

- Teniendo en cuenta que la concesión del agua es de 1,09 L.P.S pero el acueducto utiliza únicamente en promedio un caudal diario de 1.0 l/s y en épocas secas el caudal corresponde a 2.97 l/s y en épocas de lluvia en promedio un caudal de 5 l/s, se puede evidenciar que los caudales en las diferentes épocas son más altos de lo permitido en la concesión y el caudal diario promedio también es inferior a la concesión, por tal motivo si hay disposición hídrica permanente para todas las viviendas y puntos de agua suscritos al acueducto y esto es soportado con las encuestas realizadas donde la comunidad afirma que tienen constante servicio de acueducto.



15. BIBLIOGRAFIA

ABC, D., 2017. Agua Potable. [en línea]. Disponible en: <http://www.definicionabc.com/medio-ambiente/agua-potable.php>.

Acosta, J. (1938). *El idioma chibcha o aborigen de Cundinamarca*. Bogotá: Imprenta del Departamento.

ALCALDIA MUNICIPAL DE CÓMBITA BOYACA. (2013). PLAN MUNICIPAL DE GESTION DEL RIESGO DE DESASTRES, (PMGRD- CÓMBITA). 2020, de ALCALDIA MUNICIPAL DE CÓMBITA BOYACA Sitio web: <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/28452>

Behar, D, Metodología de la investigación. 2008 Editorial Shalom.

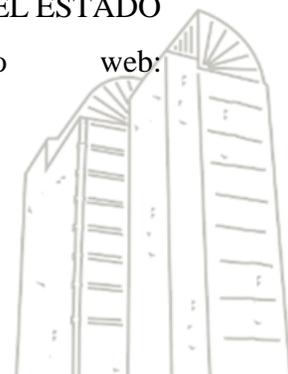
BORDA ALVAREZ, M. (2017). *ANÁLISIS DE SITUACIÓN DE SALUD CON EL MODELO DE LOS DETERMINANTES SOCIALES DE SALUD, MUNICIPIO DE CÓMBITA BOYACÁ 2017*. COLOMBIA.

Cabrera Bermúdez, Xiomara; Fleites Ramírez, Marisol; Contreras Moya, Ana M, (2009). ESTUDIO DEL PROCESO DE COAGULACIÓN FLOCULACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DE LA EMPRESA TEXTIL "DESEMBARCO DEL GRANMA" A ESCALA DE LABORATORIO. *tecnología química*, ().

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE BOYACÁ. (2012). CONSOLIDACION DE LA PROPUESTA DEL SISTEMA MUNICIPAL DE AREAS PROTEGIDAS- MUNICIPIO DE CÓMBITA. 2020, de CORPOBOYACA Sitio web: <https://www.corpoboyaca.gov.co/sirap/wp-content/uploads/2019/08/informe-simap-Cómbita.pdf>

DANE. (2005). BOLETIN CENSO GENERAL 2005. 20/07/2020, de DANE Sitio web: https://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL_PDF_CG2005/15204T7T000.PDF.

EMPRESA SOCIAL DEL ESTADO CENTRO DE SALUD DE CÓMBITA. (2015). ANÁLISIS DE SITUACIÓN DE SALUD CON EL MODELO DE LOS DETERMINANTES SOCIALES DE SALUD, CÓMBITA 2015. 2020, de EMPRESA SOCIAL DEL ESTADO CENTRO DE SALUD DE CÓMBITA Sitio web:



https://www.boyaca.gov.co/SecSalud/images/Documentos/asis_2015/asis_boyac_2015_c_on_modelo_de_determinantes_sociales_de_salud_boyaca_2015.pdf

EPM, (2019). *Normas de Diseño de Sistemas de Acueducto de EPM*.

FAO. (2003). Review of world water resources by country. Rome, Italia: Food and agriculture organization of the united nations.

GOBERNACION DE BOYACA. (2014). MAPA DE RIESGO MUNICIPIO DE CÓMBITA. 2020, de GOBERNACION DE BOYACA Sitio web: https://www.boyaca.gov.co/SecSalud/images/Documentos/Salud_Publica/Ano_2014/AGUA_CONSUMO_HUMANO/MAPA_RIESGO/MAPA%20DE%20RIESGO%20DE%20CÓMBITA.pd

Hernández, R, Metodología de la investigación. 2014, México, Sexta edición. Editorial McGraw-Hill

Houngbo, G. (2018). Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas 2018: Soluciones Basadas En La Naturaleza Para La Gestión Del Agua. Obtenido de UNESCO: <http://www.unesco.org/>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM (2020). Hoja metodológica del Índice de calidad del agua (Versión 1,1). 12 p.

Instituto Nacional de Salud Subdirección Red Nacional de Laboratorios, (2007). “Manual de Instrucciones para la Toma, preservación y transporte de muestras de agua de consumo humano para Análisis de Laboratorio”

JENNY NAIDÚ JIMÉNEZ FRANCO. (). *DISEÑO E INTERPRETACIÓN DE SENDEROS NATURALES COMO ALTERNATIVA PARA EL DESARROLLO TURÍSTICO EN LA VEREDA SANTA BÁRBARA EN EL MUNICIPIO DE CÓMBITA-BOYACÁ*. Recuperado de <http://www.Cómbita-boyaca.gov.co/municipio/nuestro-municipio>

Juan Kehr S., Blanca Morales V., Paula Contreras Sch., Lorian Castillo D. y Waldo Aranda Ch.,. (2004). Calidad microbiológica de una fórmula enteral lista para usar. *Scielo*, (), p.1,

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, (2010). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS*. Colombia



Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007). Resolución 2115 del 22 de junio de 2007. Recuperado de https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Le_gislaci%C3%B3n_del_agua/Resoluci%C3%B3n_2115.pdf

MINISTERIO DE VIVIENDA. (2018). PLAN DIRECTOR DE AGUA Y SANEAMIENTO BASICO. 2020, de MINVIVIENDA Sitio web: <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/Plan%20Director.pdf>

Salamanca J. (2019). *Acueductos menores y rurales: ¿fortalecer las comunidades organizadas?* Bogotá. Portafolio Recuperado de <https://www.portafolio.co/opinion/otros-columnistas-1/acueductos-menores-y-rurales-fortalecer-las-comunidades-organizadas-532951>

SALDARRIAGA, J., 2007. hidráulica de tuberías: Abastecimiento de Agua, Redes y Riegos [en línea]. S.l.: Marcombo. ISBN 9789586826808. Disponible en: <https://books.google.com.co/books?id=-76BPgAACAAJ>.

Secretaria Distrital de Planeación. (2012). Boletín No. 40 Sobre el consumo y la producción de agua potable y residual en el uso residencial. 2020, de 2012 Sitio web: <http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/dice123-boletinconsprodaguasusores-2012.pdf>

De Plaza, J. (2017). *Ejercicios prácticos en Epanet* . Colombia.



