



**DIAGNOSTICO Y ALTERNATIVAS DE ABASTECIMIENTO DEL RECURSO
HIDRÍCO EN EL MUNICIPIO DE APULO, CUNDINAMARCA**

OSCAR ANDRES RODRIGUEZ JIMENEZ

JOSÉ ANTONIO ROJAS LOZANO

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DIOS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL

GIRARDOT, CUNDINAMARCA

2021



**DIAGNOSTICO Y ALTERNATIVAS DE ABASTECIMIENTO DEL RECURSO
HIDRÍCO EN EL MUNICIPIO DE APULO, CUNDINAMARCA**

OSCAR ANDRES RODRIGUEZ JIMENEZ

JOSÉ ANTONIO ROJAS LOZANO

Trabajo de Grado presentado para optar al título de Ingeniero Civil

Asesor(a)

ING. LINA KATHERYN PARRA RODRIGUEZ

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DIOS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL

GIRARDOT, CUNDINAMARCA

2021

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Jurado

Dedicatoria

Este trabajo va dedicado primeramente a Dios por permitirnos cumplir con el propósito de luchar por nuestros logros y por sus bendiciones que día tras día nos acompañan para seguir adelante. A mi abuelita Rosario y a mi mamá Adriana Lozano que con esfuerzo y esmero apoyaron este proceso, día tras día, semestre a semestre lucharon a pulso conmigo para que todo condujera al fin; un final exitoso lleno de méritos y compromiso. A mi abuela dedicado por su amor y lucha que me ha brindado en este proceso por permitirme ver la vida diferente y aportar siempre cuando lo necesite; a mi mamá porque estuvo al tanto y esforzándose porque este logro se pudiera cumplir; a ellas porque a pesar de las circunstancias fuera cual fuera nunca se rindieron en apoyarme siempre. A mi hermano que supo esperar y aprendió a crecer con ejemplo, que siempre ha creído en mí y al que siempre he querido ser un ejemplo para él y su futuro.

A mi pareja Yenifer que gracias a ella pude fortalecer cada parte de mi vida, que con su apoyo y amor me dio valor para seguir, que juntos logramos aprender mucho en este proceso; porque si un día pensé en que no lo lograría nunca me dejo desanimar, porque en este camino de altas y bajas su amor y cariño me impulso siempre, no es un logro propio es un logro de todos que siempre estuvieron para mí.

A mi familia y a todos aquellos que siempre apoyaron este logro, que por medio de este trabajo con pasión y entrega logramos cumplir.

Antonio Rojas

Dedicatoria

Este trabajo va dedicado en primera instancia a mi señora madre Claudia Jiménez quien me ha brindado su apoyo incondicional y me ha acompañado en este largo camino, para poder cumplir mi propósito de ser profesional; también dedicado a la memoria de mi hermano Diego Rodríguez que por cosas del destino ya no nos acompaña en este mundo y que un día le prometí ayudar a mi familia y convertirme en una persona exitosa y ser un ejemplo y orgullo así como el lo fue; a mi pareja Leidy Jiménez quien también acompañó mi proceso y me brindo su aliento y cariño para poder lograr el objetivo que un día empezó siendo un sueño y hoy de la mano de Dios se convirtió en una realidad. A mi hermana Jenny Rodríguez por brindarme su ánimo y amistad, por ayudarme y apoyarme en todas las etapas que hemos tenido que pasar para estar donde estamos.

Y a mi hijo Diego Alfonso Rodríguez Jiménez quien se ha convertido en un motor para seguir adelante y cumplir este tan anhelado sueño, que con mucho esfuerzo y sacrificio he podido alcanzar para que en un futuro él también pueda ver reflejado en su padre un ejemplo de constancia y superación, para poder brindarle un mejor futuro a él y mi familia.

Oscar Rodríguez

Agradecimientos

Agradezco a cada uno de los docentes que compartieron su experiencia y enseñanza para formar con conocimientos y aprendizajes un ingeniero integral, que con su profesionalismo nos permitieron experimentar y conocer distintos aspectos de la vida para crecer como personas y como profesionales durante este camino en la Universidad.

Agradecimiento con respeto y admiración a la Ing. Lina Parra por acompañarnos en este proceso educativo que su profesionalismo y dedicación nos aportó distintos aprendizajes para cumplir con el propósito de culminar este trabajo de la mejor manera; sin importar la situación estuvo acompañándonos y nos compartió de sus conocimientos para lograr el objetivo planteado.

Agradezco de antemano a la Ing. María Antonieta Hoyos que nos compartió sus conocimientos y con su profesionalismo nos ayudó en procesos donde requeríamos su ayuda, que gracias a ella pudimos tener visión hacia un proyecto exitoso, que con sus aportes nos dio una mirada al futuro; que siempre fue cálida y humana con nosotros para poder cumplir este proceso que con mucho esfuerzo y trabajo nos propusimos sacar adelante.

A mi abuela, mamá y familia; por mostrarme su apoyo cuando lo necesité; a mi pareja Yenifer porque me dio el poder y liderazgo para cumplir las metas que nos propusimos, con su apoyo y voluntad pude ser quien debía ser; un agradecimiento especial a mis compañeros con quienes compartí durante este camino, a Andrés Cicery porque siempre me brindó su apoyo y su amistad sin importar las circunstancias. A mi amigo y socio Oscar Rodríguez que con el tiempo aprendimos y vivimos situaciones que nos enseñaron a mejorar, porque desde un principio creyó en que lo lograría y tenemos el éxito de poder ser amigos que nos dejó este camino al título.

Antonio Rojas

Agradecimientos

Agradezco a cada uno de aquellos docentes que formaron parte de este proceso de desarrollo profesional que con sus conocimientos a lo largo de mi tiempo en la Universidad aportaron al crecimiento personal y competente para ser un Ingeniero del futuro.

Agradezco con respeto y admiración a la Ing. Lina Parra por acompañarnos y asesorarnos en este proceso, a pesar de las dificultades siempre estuvo dispuesta a ayudarnos y colaborarnos profesionalmente para que este trabajo fuera posible; con sus conocimientos y aprendizajes se logró construir un proyecto serio y bien estipulado digno de un trabajo de grado; surgieron ideas bastantes complejas pero con el asesoramiento y compromiso de la Ingeniera Lina pudimos cumplirlas dado que en medio de la problemática mundial y nacional como lo es la pandemia logramos alcanzar los objetivos.

Agradecimiento especial a la Ing. María Antonieta Hoyos por su ayuda primordial para que esto fuera posible, ya que por medio de sus conocimientos y experiencia nos guio a encaminar un proyecto que se convertiría en nuestra responsabilidad desarrollarlo y culminarlo de la mejor manera; gracias a ellas fue posible soñar con que se podría realizar algo que diera merito a un título profesional.

A mi familia porque siempre creyeron en mí y nunca me faltó su apoyo, a mi pareja y mi hijo por ser mi motivación más grande para convertirme en un ejemplo de superación y liderazgo; a mi compañero Andrés Cicery por su amistad sincera y su apoyo que me brindó incondicionalmente a lo largo de este camino que vivimos juntos; a mi compañero y colega Antonio Rojas por su compromiso y amistad, por acompañarme en este largo y duro proceso que nos brindó la oportunidad de cumplir nuestros sueños y sobre todo conocer personas únicas de las cuales he aprendido y seguiré aprendiendo por el resto de mi vida.



CONTENIDO

Dedicatoria.....	4
Agradecimientos.....	6
Lista de Tablas	10
Lista de Imágenes.....	11
Lista de graficas	14
Lista de Anexos	16
Resumen.....	17
Abstract.....	19
Introducción	21
1. Planteamiento del Problema	23
1.1 Pregunta de Investigación	24
2. Justificación.....	25
3. Objetivos	27
3.1 Objetivo General	27
3.2 Objetivos Específicos	27
4. Marco Referencial.....	28
4.1 Antecedentes	28
4.2 Marco Conceptual.....	32
4.3 Marco Teórico	35
4.5 Marco Demográfico	40
5. Metodología	40
5.1 Características de la Cuenca.....	41
5.2 Oferta hídrica	43
5.3 Demanda hídrica	44
5.4 Análisis cuenca Rio Calandaima	45
6. Desarrollo.....	47
6.1 Descripción de la Planta de Tratamiento existente.....	74
7. Análisis y Resultados	76
7. 1 Análisis Encuesta	76
7.2 Calidad del Agua.....	89
7.3 Alternativas de abastecimiento y mejoramiento	95
7.4 Estrategia directa de abastecimiento y mejoramiento.....	104

7.4.1 Métodos de recolección agua pluvial	113
8. Conclusiones	118
9. Recomendaciones	120
Referencias	122
Anexos	125

Lista de Tablas

Tabla 1. Características Morfométricas de la Cuenca.....	41
Tabla 2. Módulos de consumo doméstico (l/hab/día).....	44
Tabla 3. INFORME CONSOLIDADO DEL IRCA ANUAL POR MUNICIPIO APULO (Decreto 1575/2007)	89
Tabla 4. Puntaje de Riesgo.....	91
Tabla 5. Puntaje de Riesgo.....	91
Tabla 6. Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra y el IRCA mensual y acciones que deben adelantarse	92
Tabla 7. INFORME CONSOLIDADO DEL IRCA ANUAL POR MUNICIPIO TOCAIMA (Decreto 1575/2007)	93
Tabla 8. Histórico IRCA municipio Apulo, Cundinamarca (2010-2020).....	94
Tabla 9. Muestras de Análisis Quebrada Campos.	100

Lista de Imágenes

Imagen 1. Localización general del proyecto.	39
Imagen 2. Área, perímetro y delimitación de la cuenca del río Calandaima.	45
Imagen 3. Río Calandaima (2018).	46
Imagen 4. Radicación Carta a EMPOAPULO.	49
Imagen 5. Carta de Conocimiento a EMPOAPULO.	49
Imagen 6. Cruce Km 3 Vía Apulo – Anapoima.	51
Imagen 7. Detalle Vía Apulo-Viotá.	52
Imagen 8. Vía Apulo-Viotá.	52
Imagen 9. Paso Río Bogotá Vereda San Antonio.	53
Imagen 10. Río Bogotá.	53
Imagen 11. Entrada Condominio Mesa de Yeguas.	54
Imagen 12. Paso Río Calandaima sector Mesa de Yeguas.	54
Imagen 13. Río Calandaima sector Mesa de Yeguas.	54
Imagen 14. Inspección y Reconocimiento de Cauce Río Calandaima.	55
Imagen 15. Registro Fotográfico Río Calandaima.	56
Imagen 16. Inspección Visual de Cauce Río Calandaima. Autor.	56
Imagen 17. Mensajes Ambientales aledaños al Cauce.	56
Imagen 18. Mensaje ambiental extremo Sur.	57
Imagen 19. Mensaje Ambiental extremo Norte.	57
Imagen 20. Puente hacia Veredas Calichana – El Triunfo.	58
Imagen 21. Vista punto de captación lateral.	58
Imagen 22. Vista punto de captación desde el puente.	58

Imagen 23. Descenso hacia el punto de captación.....	59
Imagen 24. Vista del puente desde el punto de captación.	59
Imagen 25. Ascenso a vista general punto de captación.....	60
Imagen 26. Parte superior de punto de captación.	60
Imagen 27. Vista tubería y parte inferior del punto.	60
Imagen 28. Vista alta del cauce Rio Calandaima.....	60
Imagen 29. Vista interna cámara de captación	61
Imagen 30. Vista alta cámara de captación.....	61
Imagen 31. Bocatoma de rejilla de fondo antigua.	62
Imagen 32. Bocatoma de rejilla de fondo actual.....	62
Imagen 33. Rejilla de bocatoma antigua.....	63
Imagen 34. Bocatoma de fondo antigua.....	63
Imagen 35. Ausencia de Rejilla de bocatoma.....	64
Imagen 36. Bocatoma de fondo actual.....	64
Imagen 37. Inspección visual cámara de aquietamiento.....	65
Imagen 38. Cámara de aquietamiento.....	65
Imagen 39. Paso directo Cámara de aquietamiento.....	66
Imagen 40. Explicación por parte del operario Ingeagua E.S.P.	67
Imagen 41. Operario Ingeagua E.S.P en la zona.....	67
Imagen 42. Camino hacia el desarenador.	68
Imagen 43. Tanque desarenador acueducto veredal.	69
Imagen 44. Vista interna tanque desarenador veredal.	69
Imagen 45. Vista inferior tanque desarenador municipal.	70

Imagen 46. Tanque desarenador acueducto municipal.	70
Imagen 47. Desarenador acueducto municipal (2018).....	71
Imagen 48. Vista inferior cámara de separación.....	72
Imagen 49. Cámara de separación tanque desarenador.	72
Imagen 50. Repartidor de caudales.....	72
Imagen 51. Canaleta Parshall.....	73
Imagen 52. Adición del coagulante.....	74
Imagen 53. Mapa ubicación Quebrada Campos.	96
Imagen 54. Trabajos de preservación Quebrada Campos.....	97
Imagen 55. Intervención a microcuenca Quebrada Campos.	98
Imagen 56. Mapa satelital ubicación Quebrada Campos.....	99
Imagen 57. Matriz de calificación de impactos en quebrada campos.....	100
Imagen 58. Quebrada Campos a Rio Calandaima.	101
Imagen 59. Identificación Quebrada Campos.....	101
Imagen 60. Estación hidrológica satelital.	102
Imagen 61. Valla informativa estación hidrológica satelital.....	103
Imagen 62. Aplicación sistema de recuperación de Aguas Pluviales.....	104
Imagen 63. Distribución de Agua en el Planeta.....	105
Imagen 64. Consumo en Litros de producción.	107
Imagen 1. Número de Días con Lluvia.....	109
Imagen 66. Sistema de captación de agua pluvial por bombeo.	114
Imagen 67. – Sistema de captación de agua pluvial por gravedad.	115

Lista de graficas

Grafica 1. Valores y porcentajes de población municipio Apulo.....	40
Grafica 2. Perfil Longitudinal Rio Calandaima.....	43
Grafica 3. Pregunta calidad del agua en el municipio de Apulo.....	76
Grafica 4. Pregunta organismos de control.....	77
Grafica 5. Pregunta calidad del agua directa para consumo.....	77
Grafica 6. Pregunta potabilización del agua municipio Apulo.....	78
Grafica 7. Pregunta conocimiento punto de captación.....	79
Grafica 8. Pregunta desabastecimiento de agua en viviendas.....	79
Grafica 9. Pregunta características del agua distribuida.....	80
Grafica 10. Pregunta ríos y cuencas cercanos al municipio.....	81
Grafica 11. Pregunta servicio de acueducto municipio.....	81
Grafica 12. Pregunta cobros por servicio de acueducto.....	82
Grafica 13. Pregunta desabastecimiento en verano.....	83
Grafica 14. Pregunta utilización agua potable.....	83
Grafica 15. Pregunta tanques de almacenamiento aguas lluvias.....	84
Grafica 16. Pregunta desarrollo de campañas o jornadas ambientales.....	85
Grafica 17. Pregunta suficiencia de abastecimiento para el municipio.....	85
Grafica 18. Pregunta consumo de agua en conceptos primarios.....	86
Grafica 19. Pregunta abastecimiento en épocas de turismo, ferias y fiestas.....	86
Grafica 20. Pregunta conocimiento potabilización del agua.....	87
Grafica 21. Pregunta cálculo de consumo por mes.....	88
Grafica 22. Pregunta enfermedades o malestares por concepto del agua consumida.....	88

Grafica 23. Temperatura máxima y mínima promedio.)	110
Grafica 24. Probabilidad diaria de precipitación.	111
Grafica 25. Precipitación de lluvia mensual promedio.....	112
Grafica 26. Comportamiento Anual de precipitación en Apulo.....	113

Lista de Anexos

Anexo 1. Carta Radicada a EMPOAPULO S.A E.S.P.	125
Anexo 2. Encuesta aplicada en el municipio de Apulo, Cundinamarca (1-10).....	126
Anexo 3. Encuesta aplicada en el municipio de Apulo, Cundinamarca (11-20).....	126

Resumen

El recurso hídrico es esencial para la supervivencia y el bienestar de los seres humanos y seres vivos, y es importante para todos los sectores de la población sin embargo el aspecto social, económico y ambiental se refleja e impacta un nivel más arriba que el resto. el ser humano no hace un buen uso de este preciado líquido y adicionalmente genera contaminación ambiental y afectación sobre las fuentes hídricas, trayendo como consecuencia el agotamiento y escasez de este recurso, que es indispensable para mantener el equilibrio ecológico y así mejorar las condiciones de vida en el sector.

De tal manera se plantea en este proyecto identificar las causas del desabastecimiento de agua del municipio de Apulo y generar estrategias y alternativas para el abastecimiento del recurso hídrico óptimo del municipio, según sus características y necesidades. Con este fin, se resuelve el reconocer, ¿Cuáles son las causas del desabastecimiento del recurso hídrico en el municipio de Apulo, Cundinamarca, y qué estrategias y alternativas se pueden implementar para corregirlo?

En este contexto, el desarrollo de esta investigación corresponde a través de una identificación de abastecimiento oficial de esta región, examinando información y antecedentes sobre el caso y a su vez obteniendo información directa por medio de la comunidad que reside en este sector; con ello se realizan unas visitas e inspección en la cabecera municipal, la planta de tratamiento del municipio y el punto de captación de agua con el fin de reconocer de primera mano su funcionamiento actual.

Este trabajo plantea y propone una alternativa para generar un punto de captación de agua cruda para su posterior tratamiento de potabilización, esto por medio de métodos investigativos y haciendo un reconocimiento físico; además expone una estrategia de almacenamiento de aguas pluviales en los hogares del municipio, esto para ser utilizado en el uso de actividades secundarias y no consumir el agua que se distribuye por medio del acueducto, se realizan actividades tales como encuestas y entrevistas para los habitantes del municipio estas con el fin de obtener información de valor suministrada para la realización de esta investigación.

Estos resultados analizados indicaron la no conformidad de la población con el suministro, potabilización y consumo del agua afectando a si mismo la calidad de vida de los habitantes del municipio de Apulo, Cundinamarca.

Se puede concluir, en este proyecto, en darle importancia a las medidas frente a esta problemática que se presenta en Apulo para así mejorar las practicas del recurso hídrico y búsqueda de alternativas de prácticas tradicionales como la recolección de aguas pluviales, la intervención y mejoramiento de la planta de tratamiento del municipio y proyectando una fuente alternativa de captación de agua cruda para su consiguiente proceso de purificación, que permita a la población apuleña gozar de un recurso hídrico apto y constante para su consumo y utilización.

Se necesita más apoyo e interés, por parte de los entes de control y gubernamentales no solo para encontrar soluciones técnicas innovadoras que mejoren el suministro del recurso hídrico y el consumo del agua y además fomentar la eficiencia en la utilización del agua.

Palabras Clave: Desabastecimiento, Recurso Hídrico, Planta de Tratamiento, Agua Potable, Aguas Pluviales, Cuenca, Microcuenca, Captación, Distribución, Población, Acueducto.

Abstract

The water resource is essential for the survival and well-being of human beings and living beings, and is important for all sectors of the population, however the social, economic and environmental aspect is reflected and impacts a level higher than the rest. The human being does not make good use of this precious liquid and additionally generates environmental pollution and effects on water sources, resulting in the depletion and scarcity of this resource, which is essential to maintain ecological balance and thus improve living conditions in the sector.

In this way, it is proposed in this project to identify the causes of the shortage of water in the municipality of Apulo and to generate strategies and alternatives for supplying the optimal water resource of the municipality, according to its characteristics and needs. To this end, it is resolved to recognize, What are the causes of the shortage of water resources in the municipality of Apulo, Cundinamarca, and what strategies and alternatives can be implemented to correct it?

In this context, the development of this investigation corresponds through an identification of official supply of this region, examining information and antecedents on the case and in turn obtaining direct information through the community that resides in this sector; With this, visits and inspection are carried out at the municipal seat, the municipality's treatment plant and the water catchment point in order to recognize its current operation first-hand.

This work proposes and proposes an alternative to generate a raw water catchment point for its subsequent purification treatment, this by means of investigative methods and doing a physical examination; It also exposes a strategy for storing rainwater in the homes of the municipality, this to be used in the use of secondary activities and not consume the water that is distributed through the aqueduct, activities such as surveys and interviews are carried out for the inhabitants of the municipality you are in order to obtain valuable information provided for the realization of this research.

These analyzed results indicated the non-conformity of the population with the supply, purification and consumption of water, affecting itself the quality of life of the inhabitants of the municipality of Apulo, Cundinamarca.

It can be concluded, in this project, in giving importance to the measures against this problem that is presented in Apulo in order to improve the practices of water resources and search for alternatives to traditional practices such as the collection of rainwater, the intervention and improvement of the municipality's treatment plant and projecting an alternative source of raw water catchment for its subsequent purification process, which allows the Apulian population to enjoy a suitable and constant water resource for its consumption and use.

More support and interest is needed from control and government entities not only to find innovative technical solutions that improve the supply of water resources and water consumption and also promote efficiency in the use of water.

Keywords: Shortage, Water Resources, Treatment Plant, Drinking Water, Stormwater, Basin, Micro-basin, Catchment, Distribution, Population, Aqueduct.

Introducción

Actualmente el municipio de Apulo ubicado en el departamento de Cundinamarca, presenta una problemática relacionada con el desabastecimiento del recurso hídrico, debido a la baja captación de agua que está destinada para el tratamiento respectivo para uso de los habitantes y con el factor que sus principales fuentes hidrográficas presentan altos niveles de contaminación.

El agua es el recurso natural más importante para la vida de los seres humanos y seres vivos en general, por esto, es considerado la base de la vida. También es el recurso natural más utilizado por los seres humanos para la satisfacción de sus necesidades básicas, como consumo, preparación de alimentos y aseo personal. Sin embargo, el ser humano no hace un buen uso de este preciado líquido y adicionalmente genera contaminación y afectación sobre las fuentes de aguas naturales, trayendo como consecuencia el agotamiento y/o escasez de este recurso, que es indispensable para mantener el equilibrio en el mundo.

Esta problemática de la escasez del recurso hídrico en las cuencas hidrográficas del país y el acceso al agua potable es limitada, especialmente en municipios subdesarrollados y/o en vía de desarrollo y en zonas rurales. Debido a lo anteriormente mencionado, fue planteado el objetivo de desarrollo sostenible ODS No. 06 “Agua limpia y saneamiento”, en busca de mejorar estas condiciones en todas las comunidades del mundo.

Por otra parte, como es manifestado en uno de los datos destacables del ODS No.06 “Agua limpia y saneamiento” más del 80% de las aguas residuales se vierte en vías fluviales sin un tratamiento adecuado”, causando contaminación en las fuentes hídricas naturales, que

a su vez afecta el ecosistema acuático e influye en el problema de escasez del recurso hídrico (Naciones Unidas ONU, 2017)

En Colombia, hay municipios que no cuentan con sistemas de tratamiento y suministro de agua potable de buena calidad, y otros municipios que, si cuenta con este servicio y con acceso al preciado líquido, pero los habitantes no saben valorarlo y no realizan un uso eficiente y ahorro del recurso hídrico.

A través de este trabajo y su proceso investigativo se plantea llegar a la comunidad con la clara intención de conocer sus opiniones, experiencias y posibles detalles que permitan dar pie a un conjunto de ideas donde se busque entrar a revisar los aspectos que hacen de esta situación una problemática que con el paso del tiempo ha ido creciendo y que debe tratarse de manera eficiente y funcional.

Por medio de este desarrollo investigativo llevado a cabo de manera técnica y profesional se hace con la determinación de dar a conocer y evaluar esos aportes y medidas que permitirán que la comunidad pueda gozar con ideas y alternativas con el fin poder tener un correcto y óptimo suministro del agua bien sea en sus hogares y en los sitios que requieren de un adecuado surtido del preciado líquido, que sin lugar a dudas es algo lo suficientemente indispensable para poder gozar de una correcta calidad de vida, a partir de allí conoceremos que el generar un alto provecho al cuidado y correcto empleo del agua se logran valiosos aportes a un adecuado desarrollo no solo personal y familiar si no, social y nacional que permitirá hacer conciencia en muchos aspectos que llevan a retomar la importancia de que al poseer un desabastecimiento de agua se hace complejo el desarrollo sustancial de las personas, en este caso lo habitantes del municipio de Apulo, Cundinamarca.

1. Planteamiento del Problema

La escasez de agua es un problema que afecta al municipio de Apulo Cundinamarca, es una problemática para las personas y para el medio ambiente. Es importante realizar una investigación para indagar las circunstancias y dificultades principales de dicho abastecimiento.

“La planta de tratamiento de agua potable de Apulo, actualmente está en funcionamiento, pero esto no significa que está cumpliendo con los aspectos por la que fue construida, debido a que su estructura está deteriorada, ya que culminó con su vida útil y por ende no abastece al municipio con agua potable de buena calidad” (Becerra y Alvarado, 2018)

Debido a su ubicación geográfica, relieve y condiciones climáticas, el municipio de Apulo, presenta durante algunos meses y temporadas, una escasez en el suministro de agua que genera problemas a la población tanto en las zonas urbanas, como rurales. Además, se pretende verificar el agua y acceso que proviene de la planta de tratamiento del río Calandaima, como una de las fuentes de abastecimiento.

Por tanto, se procede estudiar por medio de esta investigación, a que se debe la escasez del agua en el municipio y analizar los diferentes aspectos que pueden afectar el recurso dentro del municipio, como puede ser el turismo o la contaminación de los cauces de entrada al territorio.

“La Contraloría de Cundinamarca soporta lo anteriormente dicho, ya que, maneja información suministrada por la empresa de servicios públicos EMPOAPULO S.A e información de una visita de campo realizada por la misma, afirmando, que la planta necesita de la optimización y de un adecuado mantenimiento. Al no realizarse estas adecuaciones no se garantiza que, en todo el año, se suministre agua apta para el consumo humano en términos de calidad” (Becerra y Alvarado, 2018).

Según con información que permite la correcta indagación sobre la problemática se evalúan las alternativas que permitirán dar un concepto que brinde una solución y correcto desarrollo en el mejoramiento del abastecimiento del recurso hídrico en el municipio de Apulo, Cundinamarca.

“Las aguas dulces constituyen un recurso escaso, amenazado y en peligro. De acuerdo con los estudios sobre los balances hídricos del planeta solamente el 0.007% de las aguas dulces se encuentran realmente disponibles a todos los usos humanos directos. De esta pequeñísima porción dependen procesos sociales vitales” (Jumapam, s.f.)

1.1 Pregunta de Investigación

¿Cuáles son las causas del desabastecimiento del recurso hídrico en el municipio de Apulo, Cundinamarca y qué estrategias y alternativas se pueden implementar para corregirlo?

2. Justificación

El abastecimiento de agua es un problema actual y complejo en el que intervienen una serie de factores que van más allá del incremento poblacional que demanda cada vez más este recurso para el uso del consumo humano, así como para llevar a cabo actividades económicas. (Duran y Torres, 2005)

El recurso hídrico en el municipio de Apulo es de total relevancia, lo que hace que este proyecto se centre en su déficit de agua potable, pues afecta de manera considerable el bienestar, la salud y la calidad de vida de los habitantes del municipio, la falta del recurso hídrico está dada por varios factores investigados que se presentan en el territorio, siendo esta la mayor causa del desabastecimiento y por consecuencia el recurso disponible es mal aprovechado y en repetidas ocasiones no tienen las mejores condiciones para el consumo de la población.

Se hace necesario realizar un diagnóstico de acuerdo con lo investigado que nos permita conocer si el acueducto se encuentra en óptimas condiciones de prestación del servicio de agua potable, con esta información generar estrategias que permitan mejorar a corto, mediano y largo plazo en búsqueda de soluciones y mejoramientos para el bien de la comunidad.

En este sentido es preciso que la comunidad del municipio de Apulo, Cundinamarca en la región del Tequendama, pueda recibir agua potable para satisfacer sus necesidades básicas, la forma en que se pretende que esto sea posible, es estudiar el sistema de abastecimiento de tal recurso, dado que en la actualidad no tienen un servicio completo de tal recurso lo que hace que la comunidad se encuentre insatisfecha y sufriendo por la ausencia del líquido por temporadas.

Se está perdiendo cada vez más agua útil, simplemente no protegemos lo que necesitamos para sobrevivir. La mayoría de las personas de Colombia no sabe de dónde viene su agua y como que tampoco les importa, lo que conocen es el recibo que mensualmente pagan por el líquido. En el país tricolor es muy notable la desigualdad en el reparto y distribución de dicho recurso, muchos municipios hoy en día se encuentran con un pésimo servicio de agua potable y otros que ni con este servicio cuentan por lo tanto se resalta la importancia de entrar a evaluar y reconocer el concepto en muchos lugares, en este caso el municipio de Apulo, Cundinamarca y su relación con el recurso hídrico; “El municipio de Apulo tiene en el casco urbano un acueducto municipal, que tiene como fuente receptora el río Calandaima, llegando por gravedad hasta la planta de tratamiento de agua potable y de allí por medio de bombeo llega a los usuarios en condiciones no aptas para el consumo humano” (Becerra y Alvarado, 2018).

Se plantea realizar una visita al sistema de acueducto del municipio de Apulo, como parte del proceso investigativo, con el fin de conocer los sitios de cuenca Afluente, captación, sistemas de tuberías y planta de tratamiento para identificar las posibles problemáticas, y de esta manera estudiar todos los factores que influyen en el problema en estudio, y posteriormente dar un diagnóstico acertado y que aporte al planteamiento de las diferentes alternativas de solución a la problemática social y ambiental que se está presentando.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Identificar las causas del desabastecimiento de agua del municipio de Apulo y generar estrategias y alternativas para el abastecimiento de agua potable óptimo del municipio, según sus características y necesidades.

3.2 Objetivos Específicos

- ✚ Identificar las posibles fuentes de abastecimiento, con información oficial del municipio.
- ✚ Plantear alternativas para reutilizar aguas lluvias en el uso de actividades secundarias y no consumir el agua potable.
- ✚ Identificar el estado actual del sistema de abastecimiento en el Municipio de Apulo, con el fin de determinar su funcionamiento actual.

4. Marco Referencial

4.1 Antecedentes

Se puede evidenciar que la importancia del recurso hídrico, también llamado Agua es completamente indispensable para el ser humano y cualquier ser vivo que pueda coexistir sobre la tierra, de tal manera, que esto se convierte en algo muy esencial e imprescindible para poder generar un efecto evolutivo y el proceso natural de todo lo que conlleva la importancia de este preciado líquido.

Con el paso del tiempo vemos distintos cambios y comportamientos en la vitalidad del agua, se hace más importante su preservación, pero también se hace menos consciente su uso; es por ello que se da aplicación a distintos parámetros para darle disposición a una creación de soluciones y desarrollos que logren aportar a un mejoramiento de su principal utilidad.

Dentro de los procesos creados se analizan distintas variables en donde, por ejemplo, se dan a conocer varios desarrollos con anterioridad como: << La inadecuada gestión del recurso hídrico ha provocado que varias regiones a nivel global no tengan un eficiente acceso al agua potable, a lo cual se suma el constante crecimiento demográfico, cuya consecuencia es el aumento de la demanda de agua dulce (por lo menos el 50 % de la población mundial se abastece por medio de aguas subterráneas). Teniendo en cuenta esto, se estima que para 2030 se tendrá un déficit mundial de agua del 40 % bajo un escenario en el que todo sigue en las condiciones actuales.>> (Jaime, 2020)

De una u otra manera se evidencia que el recurso hídrico en algunos sectores tanto mundiales, continentales, nacionales, departamentales y municipales; muestran efectos tanto negativos como algunos otros positivos en su desarrollo y funcionalidad tal como se hace explícito en la siguiente distinción: <<En este contexto, la situación a la cual se enfrenta la vereda Socotá del municipio de Apulo (Cundinamarca), permite demostrar que la equidad necesaria para garantizar el desarrollo de las áreas rurales del municipio no se está aplicando de manera óptima, puesto que, de acuerdo con datos proporcionados por la alcaldía de este municipio en su plan de desarrollo (Alcaldía Municipal de Apulo, 2016), el déficit de servicios públicos en el casco urbano es de 0,77 %, es decir, aproximadamente una de cada 100 viviendas no cuenta con servicios públicos completos, mientras que en lo rural (10,86 %) 11 de cada 100 viviendas carecen de los servicios públicos básicos. Por otra parte, en cuanto a la cobertura de acueducto y alcantarillado, el 0,38 % de las viviendas en el casco urbano carecen de esta dotación, mientras que lo mismo ocurre en el 68,4 % de las viviendas de la zona rural, para una brecha de 68 puntos.>> (Jaime, 2020)

Además, en el río Apulo existe una problemática de contaminación y escasez del recurso hídrico desde hace varias décadas. Uno de los mayores impactos es el vertimiento de aguas servidas de los municipios de La Mesa, Anapoima y Apulo, ya que el tratamiento de estas aguas se da de manera inadecuada. Además, se presenta deforestación en rondas de protección hídrica y nacimientos de agua, debido a la falta de conciencia ambiental y las actividades productivas. Los acueductos veredales se encuentran poco organizados y dispersos. La baja oferta del recurso es una preocupación constante, así como la creciente contaminación del río.

Incluso es posible adicionar el estado del sistema de alcantarillado y acueducto, como claramente se observa en el siguiente párrafo: «Esta situación se puede estar generando porque la estructura pudo haber llegado al final de su vida útil, teniendo en cuenta que los acueductos son construidos para funcionar hasta determinado período de tiempo, esto sumado al crecimiento de la población, factores operacionales que van deteriorando los elementos que conforman el acueducto y la falta de mantenimiento, han ocasionado que se produzca además de una mala prestación del servicio a la población, pérdidas del recurso, sobre costos operativos.» (Varela, 2018)

Por medio de requerimientos se han diversificado distintos puntos en donde cada uno de ellos se van haciendo un lugar en la importancia de poder identificar cada uno de los aspectos que pueden generar acción y condición en cada uno como se explica: <<En el río Apulo existe una problemática de contaminación y escasez del recurso hídrico desde hace varias décadas. Uno de los mayores impactos es el vertimiento de aguas servidas de los municipios de La Mesa, Anapoima y Apulo, ya que el tratamiento de estas aguas se da de manera inadecuada. Además, se presenta deforestación en rondas de protección hídrica y nacimientos de agua, debido a la falta de conciencia ambiental y las actividades productivas. Los acueductos veredales se encuentran poco organizados y dispersos. La baja oferta del recurso es una preocupación constante, así como la creciente contaminación del río.>> (Orarbo, 2013)

“Las actuales proyecciones turísticas sectoriales que tiene el gobierno nacional frente a la implementación del turismo de bienestar en los municipios de Anapoima y Apulo, plantean un escenario de riesgo para el Recurso Hídrico Subterráneo; debido a que su aprovechamiento se basa en el desconocimiento, falta de regulación y planificación puesto que las entidades territoriales no cuentan con herramientas para determinar, si los balnearios presentes en sus municipios generan vulnerabilidad por demanda al sistema acuífero. Por ello se plantea este proyecto de carácter exploratorio y enfoque hidrogeológico en el cual se presenta, un análisis de la vulnerabilidad del recurso hídrico subterráneo por la demanda de los balnearios.” (Garcia, 2017)

Se concentra en el correcto desarrollo y utilidad del recurso hídrico para poder generar es impacto correcto en la comunidad es por ello que se hace indispensable poder crear una solución viable que logre aportar a cada uno de los agentes involucrados como lo es la comunidad, el municipio y la correcta opción del recurso natural.

4.2 Marco Conceptual

Ciclo del agua.

El agua está siempre en movimiento. A veces, como en el caso de los ríos, fluye, y a veces se transforma del estado líquido (agua) al gaseoso (vapor) al sólido (hielo o nieve). Pero la cantidad total de agua en el mundo nunca cambia. Toda el agua que hay cae del cielo a la tierra, se entra en ella y fluye luego en los ríos, lagos y océanos para evaporarse de nuevo y subir hasta el cielo. (Hidrograficas, 2011)

Recurso Natural.

Los recursos naturales son todos los bienes materiales y servicios que la naturaleza provee sin haber sido afectados por una intervención humana. (ColombiaAprende, s.f.)

Cuando hablamos de recursos naturales (en inglés *Natural Resources*) tenemos que entender que son muy valiosos para las sociedades humanas ya que sirven para contribuir al desarrollo y al bienestar de forma directa con materia primas, minerales y alimentos, o de forma indirecta con aportes de parte de la ecología.

Desabastecimiento de agua

La demanda de agua en Colombia aumentó cerca del 5 % al pasar de 35 582 millones de metros cúbicos al año en 2014 a 37 308 millones en 2018. El sector agrícola es el que más utiliza agua (43,1 %), seguido del energético (24,3 %). Además, en el país hay 391 municipios susceptibles por desabastecimiento en temporada seca y los departamentos más afectados por la

falta del recurso son: Santander, Cundinamarca, Boyacá, Tolima, Magdalena, Bolívar y Cesar. (IDEAM, 2018)

El servicio de acueducto, alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial es la provisión a título oneroso de agua apta para consumo, junto con la recolección y conducción de las aguas servidas, drenaje y conducción de aguas lluvias; teniendo en cuenta que está conformado por las actividades de tipo técnico, operativo y comercial necesarias para la adecuada prestación de estos servicios. (Acueducto Bogota, 2006)

✚ Obras de Aducción: Son las obras para el transporte del agua desde el sitio de captación hasta la planta de tratamiento. Generalmente la conducción se realiza por tubería a presión o por gravedad y/o por canales abiertos o cerrados.

✚ Tratamiento del agua: Es el proceso por medio del cual se transforma la calidad del agua presente en la fuente de abastecimiento a una calidad adecuada para su consumo humano de acuerdo con la normatividad vigente.

✚ Almacenamiento: Es la capacidad que debe tener el sistema, de almacenar agua tratada para poder suplir la demanda en las horas pico y proveer unas reservas para situaciones de emergencia como es el caso de almacenamiento de agua contra incendio, o en periodos de mantenimiento de redes.

✚ Distribución: Es el proceso por medio del cual se conduce el agua desde los sitios de almacenamiento hasta los predios de los usuarios del servicio. Los elementos principales de la conducción son las redes matrices, las cuales tienen como función conducir grandes volúmenes de agua hacia todas las zonas de la ciudad, y redes secundarias, que distribuyen el agua en cada calle y sobre las cuales están instaladas las acometidas.

Consideraciones generales

Cuando se efectúen los estudios de fuentes deben identificarse, plantearse y evaluarse las alternativas técnico-económicas más factibles de utilización, aplicando un análisis financiero y de factibilidad para la identificación y selección de la fuente más conveniente. (RAS 2000 MinVivienda, 2010)

La selección de la fuente debe realizarse basándose en la calidad del agua, la ocurrencia de eventos de sequía y escogiendo aquella que permita la construcción de una captación económica, segura, confiable y que tenga unas características de acceso, operación y mantenimiento fáciles. (RAS 2000 MinVivienda, 2010)

Además, deben efectuarse estudios con el fin de minimizar los impactos sobre el medio ambiente, el ecosistema y el hábitat natural de diferentes especies, que puedan producir las obras de la captación. En particular, se debe conocer el caudal ecológico en la fuente de agua definido por la Autoridad Ambiental competente para la estimación de la capacidad utilizable de la fuente. (RAS 2000 MinVivienda, 2010)

Fuentes superficiales

Se consideran fuentes superficiales los ríos, quebradas, lagos, lagunas y embalses de almacenamiento y excepcionalmente aguas lluvias y agua de mar.

4.3 Marco Teórico

La escasez de agua en el mundo es un problema que puede aumentar y que produce consecuencias graves para la salud de los seres humanos, algo tan cotidiano como abrir un grifo y que salga agua potable para que se pueda beber cuando hay sed, se requiere lavar alimentos o utensilios de uso común, es muy complicado para millones de personas que sufren la escasez de agua en el mundo. Apulo cuenta con una población aproximadamente de 7533 habitantes (urbano y rural) (DANE 2018), inicialmente el Municipio era abastecido en su totalidad por el Río Bogotá, sin embargo, por los altos índices de contaminación en sus aguas dejó de ser una alternativa para el suministro de agua potable, razón por la cual el servicio no llega a toda la población, o llega en forma inadecuada, siendo insuficiente para el desarrollo de las actividades cotidianas que requieren del abastecimiento de agua potable. A partir de esto se cuenta con fuentes alternativas y modificaciones en la fuente principal, sin embargo, el incremento de la población no permite que el agua pueda repartirse de manera equitativa. (CAR).

El proceso que promueve la gestión y el desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales.

- ✚ Evaluación y predicción de la cantidad y calidad del agua superficial y subterránea.
- ✚ Evaluación y planificación de la demanda de agua superficial y subterránea en la sociedad.
- ✚ Elaboración de balances hídricos y definición de estrategias a largo plazo para el mantenimiento del equilibrio y el uso racional del agua.
- ✚ Modelación de la gestión del agua.
- ✚ Predicción de los procesos en los sistemas de recursos hídricos, tanto en tiempo real como diferido.

La escasez de agua se debe a una falta inversión e infraestructura o tecnología para extraer el agua de los ríos, acuíferos otras fuentes hídricas, o por una insuficiente capacidad humana de satisfacer la demanda del preciado líquido.

Según Juan Manuel Durán Juárez (2016) la disponibilidad del agua es un problema actual y complejo en el que intervienen una serie de factores que van más allá del incremento poblacional que demanda cada vez más este recurso para el uso de su consumo humano, así como para llevar a cabo diferentes actividades que requieren del líquido.

La humanidad ha diseñado técnicas primarias para lidiar con el agua; según Ramírez (2004), en el país existen importantes sistemas de almacenamiento representados por ciénagas, lagunas, embalses y otro tipo de reservorios, aproximadamente 17.500 cuerpos de agua, que contienen importantes reservas de agua utilizable, con un volumen de 38 mil millones de metros cúbicos. En general, más de 95% de estos almacenamientos cubren superficies menores de una hectárea, solamente cuentan con algún tipo de estudio los más grandes en la zona Andina, que corresponden a la cuenca del Magdalena, pero que las comunidades allí asentadas, en general no conocen o saben muy poco de ellos, por lo tanto, no son bien aprovechados, esto ha llevado a que se generan procesos de deterioro permanentes en esos ecosistemas.

No es un secreto la problemática que se vive en el mundo actual acerca del desabastecimiento de agua, las personas acostumbran abrir la llave y que salga agua, sin embargo, también es utilizada para beber, ducharse, regar las plantas, lavar la loza y muchísimas labores más, la escasez del agua está afectando a una gran población mundial. sólo imaginarse esto: que un día llegara, que se abra la llave del lavaplatos y que no cayera ni una gota de agua, imaginarse que incluso no hubiera ni una sola llave que abastezca agua en casa cómo se complicarían las cosas.

El consumo de agua no potable conlleva afectar la salud de quienes la beben, un agua sin tratar contiene bacterias y microorganismos que transmiten gravísimas enfermedades e incluso algunas de ellas mortales. Una de las buenas soluciones son la gestión eficaz y sostenible del agua, sistemas de agua potable, construir depósitos y generar mejoras en los sistemas de abastecimiento para que toda la población se vea beneficiada y goce del derecho fundamental a el agua potable.

Como se ha mencionado anteriormente, una de las zonas más afectadas por desabastecimiento de agua en el departamento de Cundinamarca es el municipio de Apulo. En esta población se registra racionamiento del recurso en horarios programados según resultados del instrumento de encuesta aplicado. Adicionalmente, debido a esta problemática las autoridades municipales y la empresa prestadora del servicio, deben suministrar el preciado líquido en carro tanques y en carros de bomberos a toda la población afectada. Este desabastecimiento de agua también es causa de grandes incendios forestales, puesto a que no hay disponibilidad del recurso ante cualquier emergencia.

Existen diversas causas por las cuales Colombia sufre por desabastecimiento de agua, entre las que podemos destacar: la contaminación. Nos referimos tanto a la contaminación de aguas dulces como a la contaminación de la tierra o del aire ya que la contaminación se puede filtrar el agua y también puede afectar el aire. la sequía.

La escasez del agua en el mundo es un problema que puede aumentar y que produce consecuencias graves como las siguiente: Enfermedades, hambre, desaparición de especies vegetales o animales y lo que cada día se hace más inminente conflictos y futuras guerras que se pueden llegar a formar por conseguir el líquido.

El agua es fuente de vida, hay que mirar un poco más allá para ver cuál es el verdadero problema del desabastecimiento del agua, muchas veces esto sucede por falta de una planificación de la población o de una ciudad, las personas comienzan a desarrollar proyectos y construir viviendas sin asegurar primero el abastecimiento de agua. En algunos casos, sobre todo en comunidades rurales la gente construye sus casas cerca de un río o quebrada para poder tener el tanpreciado líquido, sin embargo, la sobreexplotación de algunos lugares naturales se ven afectados y el agua que allí antes estaba termina por acabarse y no suplir las necesidades de toda la comunidad y es ahí donde se ve reflejado la gravedad de la falta del agua.

Otro problema que se hace inminente es la sobrepoblación sumando a todas las causas de la escasez que hay en el agua también vemos que el crecimiento exponencial de la población, cada vez se hace una demanda mucho mayor del valioso recurso natural. algo para tener muy en cuenta es que si los hábitos de consumo de la población no cambian y se sigue en lo mismo utilizando de una manera irresponsable e inapropiada se corre el riesgo de que este problema aumente hasta llegar en un futuro a tener guerras sangrientas por elpreciado líquido.

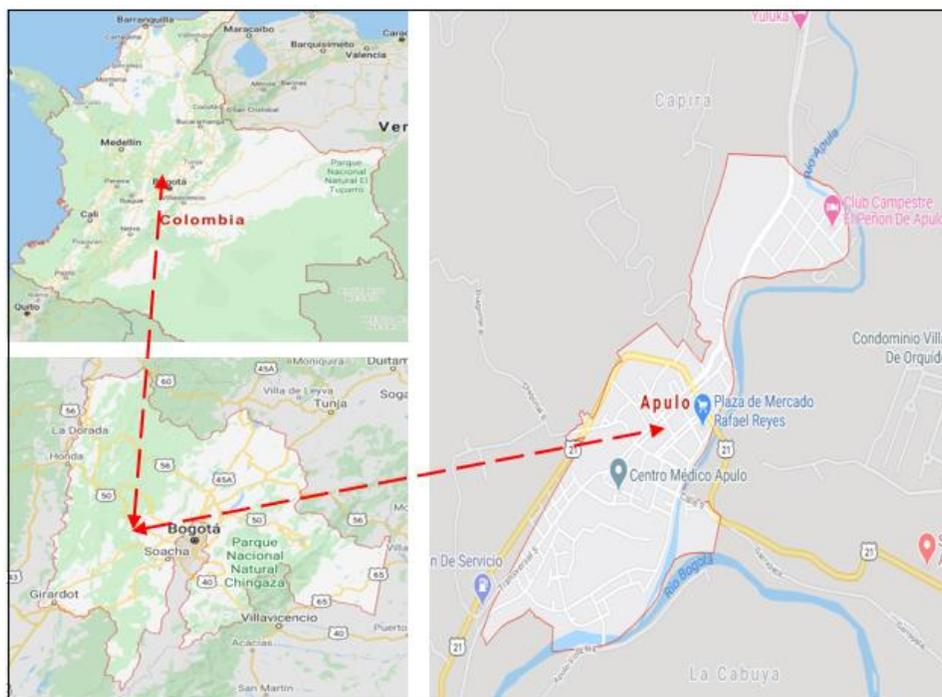
Se necesita combatir las causas de la escasez del agua, es muy grande la importancia que tienen los recursos naturales para la supervivencia de todos los seres humanos y sobre todo del planeta mismo. En los últimos años se ha generado una conciencia social a favor del medio ambiente y afortunadamente todo esto va en crecimiento. Es muy importante que todas las nuevas generaciones futuros hijos, hermanos menores tengan conciencia y aprenden a cuidar sus recursos naturales, a saber, aprovecharlos al máximo, hay varias acciones que se pueden llevar a cabo para combatir las causas de la escasez del agua y si cada persona la lleva a cabo el cambio se notará.

La importancia de no desperdiciar el preciado líquido es muy importante, aprovechar al máximo cada gota de agua, por lo que además de cerrar la llave cuando no se esté utilizando también se debe procurar que todos los electrodomésticos estén calibrados de una manera que hagan poco consumo de agua, también estar muy pendiente de revisar las tuberías Y darles su respectivo mantenimiento constante para asegurar que no existen fugas de agua en y filtraciones.

4.4 Marco Geográfico

El Municipio de Apulo, se encuentra localizado al sur- occidente del Departamento de Cundinamarca, pertenece a la provincia del Tequendama.

Imagen 2. Localización general del proyecto. Adaptado de: <https://maps.google.com>



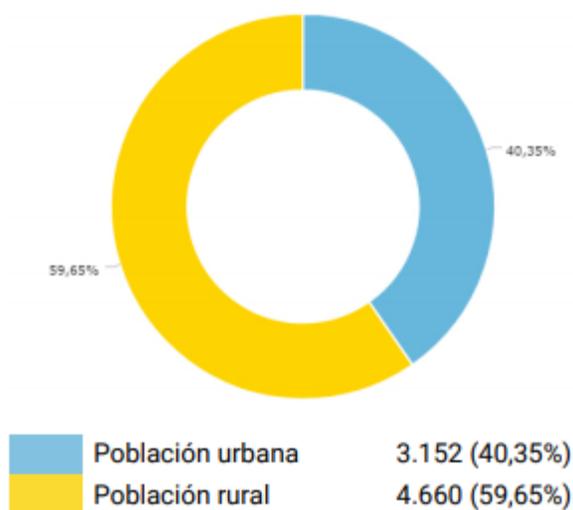
El municipio de Apulo, se encuentra a 101 km de distancia de la ciudad de Bogotá, en el departamento de Cundinamarca, sus límites son: Al Oeste con Tocaima, al Norte con Anapoima; al sur con Tocaima y Viotá y al Este con Anapoima. Con un clima aproximado de 28° C, se

encuentra a 400 metros sobre el nivel del mar, la superficie total del municipio de Apulo es de 12.382 Hectáreas, de las cuales 95 Hectáreas, pertenecen al sector urbano y 12.286 hectáreas, pertenecen al sector rural. Su relieve es montañoso, los accidentes orográficos importantes son: Chontaduro, Diamante, y Guacamayas. Por el municipio pasan los ríos Apulo, Calandaima y Bogotá.

4.5 Marco Demográfico

Es fundamental de esta investigación centrarse en las necesidades que tienen los habitantes del municipio de Apulo, siendo la población la más vulnerable, y por ello es necesario conocer los aspectos demográficos, según las estadísticas del DANE en el 2014 en ese orden de ideas, Apulo tuvo un aumento poblacional total de 7.812 de habitantes y un crecimiento de -0.01%, y según estadísticas del departamento nacional de planeación su densidad poblacional es 65,65 Hab / Km², una superficie de 119 Km² (11.900 Ha) y un entorno de desarrollo intermedio.

Grafica 6. Valores y porcentajes de población municipio Apulo. DANE



5. Metodología

5.1 Características de la Cuenca

“La cuenca del río Calandaima presenta las siguientes características morfométricas calculadas, tales como las cotas mayor y menor, el área tributaria, la pendiente media de la subcuenca, la longitud del cauce principal, el perímetro, la densidad de drenajes, índice de compacidad, etc.” (Mendez, 2014)

Tabla 1. Características Morfométricas de la Cuenca. (Mendez, 2014)

CUENCA	PENDIENTE MEDIA			AREA (Km ²)	PERIMETRO (Km)	PATRON DE DRENAJE	LONGITUD DE DRENAJES (Km)	DENSIDAD DE DREANJE (m/Km ²)	LONGITUD CAUCE PRINCIPAL (Km)	PENDIENTE MEDIA CUENCA (m/Km)	ALTURA MEDIA CUENCA (m)	FORMA DE LA CUENCA				Tc (Minutos)	Velocidad (m/s)
	COTA MAYOR (m)	COTA MENOR (m)	PENDIENTE MEDIA (m/m)									LONGITUD AXIAL CUENCA (m)	ANCHO DE CUENCA (m)	INDICE DE GRAVELIUS	INDICE DE TORRENCIALIDAD		
RIO CALANDAIMA	2.800	450	0,14	268	78	SP	641	2.387	25	15,26	1.625	17.085	15.608	1,34	2,43	212	1,93

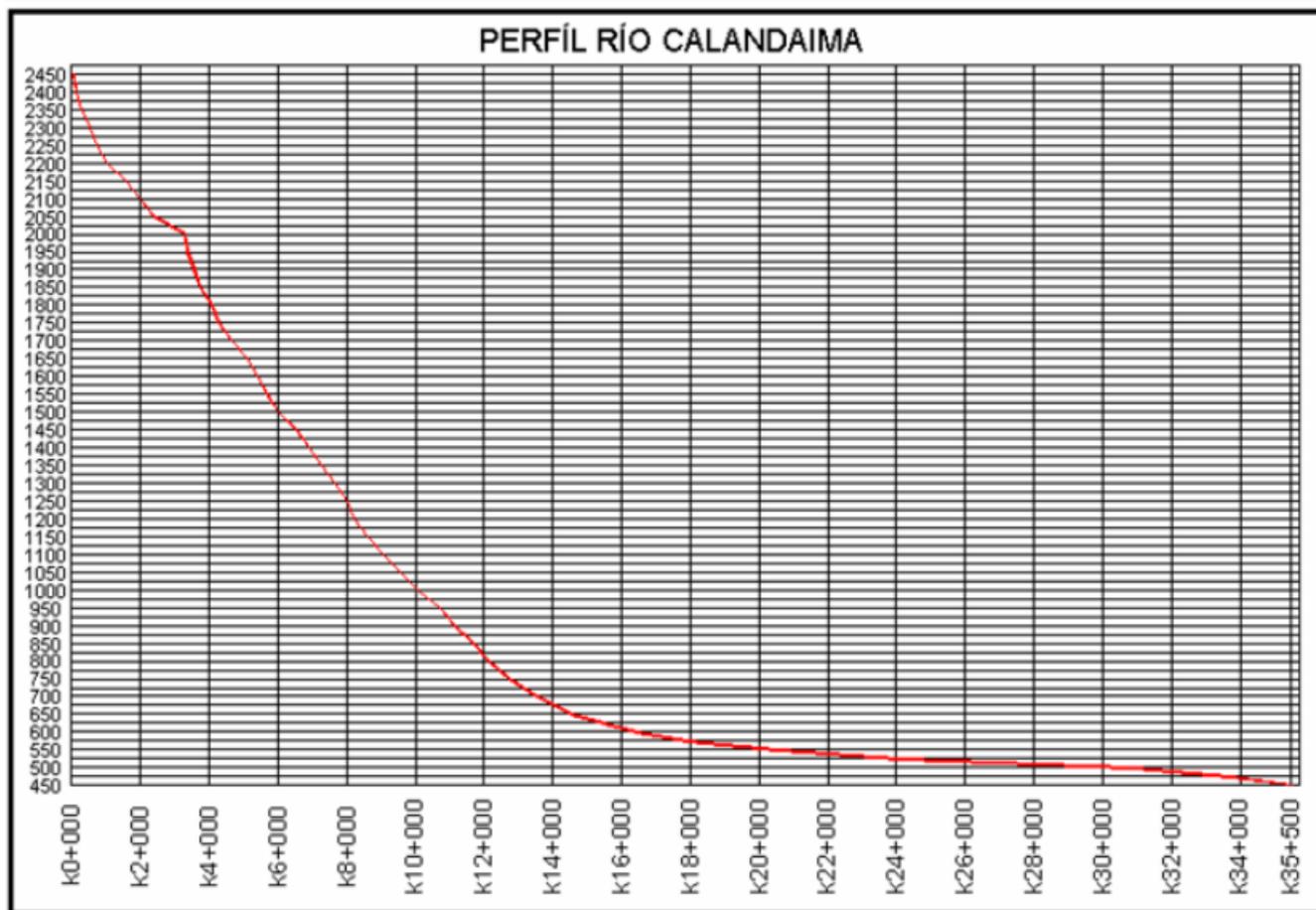
Con base en (Véase tabla 1), se describen cada uno de los datos informativos que presenta la misma como características morfométricas como son:

- ✓ **Área:** El área de drenaje es el área plana sobre una proyección horizontal, incluida dentro de su divisoria de aguas. (Km²).
- ✓ **Cota mayor:** es la mayor altura a la cual se encuentra la divisoria de aguas (m.s.n.m.).
- ✓ **Cota menor:** es la cota a la cual entrega sus aguas al Río Bogotá (m.s.n.m.).
- ✓ **Pendiente media:** la pendiente del cauce principal está definida como la variación de altura por unidad de longitud del fondo del cauce principal. (m/m).
- ✓ **Perímetro:** es la longitud sobre un plano horizontal, que recorre la divisoria de aguas. (Km).
- ✓ **Patrón de drenaje:** es la característica del drenaje que sigue el curso principal.

- ✓ **Longitud de drenajes:** es la longitud total de los cursos de agua de la cuenca. (Km).
- ✓ **Densidad de drenaje:** es la relación entre la longitud total de los recursos de agua de la cuenca y su área total.
- ✓ **Longitud cauce principal:** se define como el recorrido total del cauce principal, hasta su desembocadura. (Km).
- ✓ **Longitud axial:** esta se mide cuando se sigue el curso de agua más largo desde la desembocadura hasta la cabecera más distante en la hoya. (m).
- ✓ **Ancho medio:** se obtiene cuando se divide el are por la longitud axial de la hoya.
- ✓ **Índice de gravelius:** es la relación entre el perímetro de la cuenca (longitud de la divisoria de aguas) y la longitud de la circunferencia de un círculo de área igual a la de la cuenca.
- ✓ **Sinuosidad de las corrientes de agua:** es la relación entre la longitud del rio principal medida a lo largo del cauce y la longitud del valle del rio principal en line recta desde su nacimiento hasta su desembocadura. (Mendez, 2014)
- ✓ **Tiempo de concentración:** está íntimamente relacionado con la forma de la cuenca y se define como el tiempo necesario, desde el inicio de la precipitación, para que la totalidad de la cuenca contribuya al drenaje, o en otras palabras, el tiempo que toma el agua desde los limites más extremos de la divisoria de aguas hasta llegar a la salida de la misma.
- ✓ **Índice de Torrencialidad:** resulta de dividir el número de cauces de primer orden (torrentes iniciales entre la superficie de la cuenca. Un índice alto, indica torrencialidad y rápida evacuación de caudales y sedimentos. (Mendez, 2014)

“De acuerdo a lo expuesto anteriormente, se puede decir que la cuenca es de tipo redondeado, encontrándose sus cabeceras sobre la cota 2.800 m.s.n.m., y su cota más baja sobre los 450 m.s.n.m. la altura media está en los 1.625 m.s.n.m. presentando un drenaje superficial rápido y de tipo sinuoso.” (Mendez, 2014)

Grafica 14. Perfil Longitudinal Rio Calandaima. (Mendez, 2014)



5.2 Oferta hídrica

“A partir del estudio de los caudales medios mensuales aportados por la cuenca, se definió la oferta hídrica para dos escenarios del ciclo hidrológico (meses secos y meses

húmedos), con el fin de determinar posteriormente, contando con las demandas sobre la subcuenca, el balance oferta – demanda y el índice de escasez de la misma. Para el primer escenario contemplado, y considerado el crítico (período seco), definido por el promedio de los caudales mensuales que se encuentran por debajo del valor medio anual multianual y el segundo escenario (período húmedo), que incluye el promedio de los valores mensuales que están por encima de la media anual” (Méndez, 2014).

5.3 Demanda hídrica

“Se realizó un estimativo de la demanda actual sobre la cuenca, a partir del mapa de uso actual del suelo, de los estimativos de población, tanto a nivel de las cabeceras municipales, como de las veredas, que se encuentran localizadas en la cuenca y de las concesiones otorgadas por la CAR, para de esta forma determinar las demandas de agua, considerando los usos domésticos, agropecuario (riego), industrial y ecológico” (Méndez, 2014).

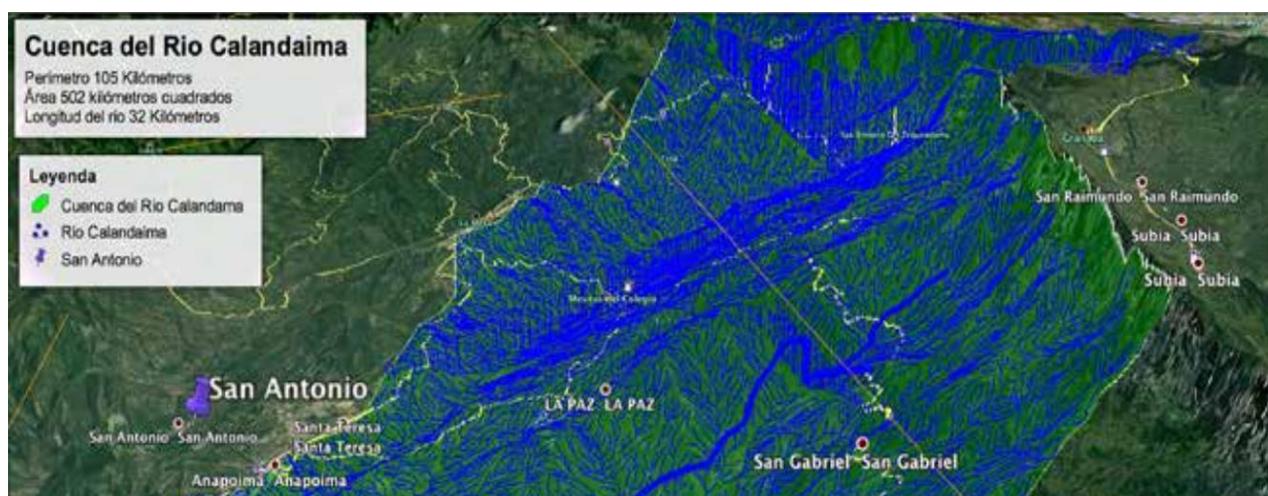
Tabla 2. Módulos de consumo doméstico (l/hab/día). (Mendez, 2014)

PISO TERMICO	TAMAÑO POBLACIÓN	CONSUMO L/HAB/DIA	
		URBANO	RURAL
FRIO	< 5.000	150	125
	5.001 a 10.000	165	125
	10.001 a 20.000	180	125
	<20.001	195	125
TEMPLADO	< 5.000	165	135
	5.001 a 10.000	180	135
	10.001 a 20.000	190	135
	<20.001	200	135
CALIDO	< 5.000	190	140
	5.001 a 10.000	200	140
	10.001 a 20.000	210	140
	<20.001	220	140

5.4 Análisis cuenca Rio Calandaima

“La cuenca del río Calandaima, tiene una capacidad total de aporte de 77.533,9 millones de litros en el mes de máxima precipitación, que corresponde al mes de noviembre con 154,45 litros/ metro cuadrado (CAR, 2017), lo cual da un aporte de agua lluvia total de 2.584,4 millones de litros al día, representados en la totalidad de agua lluvia superficial y subterránea en el mes de máxima precipitación dentro de la cuenca del río Calandaima. Esto nos dice, que captando un 0,14% del total de agua lluvia de la cuenca abastecería la población en el mes de máxima precipitación” (Forero, 2017)

Imagen 12. Área, perímetro y delimitación de la cuenca del río Calandaima. (Forero, 2017)



“La cuenca del río Calandaima, varía en sus altitudes desde 2600 m.s.n.m. hasta 400 m.s.n.m. Es decir, con una diferencia de 2.200 metros entre la cota más alta y la más baja. Esto es significativo, en cuanto a la esorrentía del agua se refiere, debido que, a una mayor inclinación del terreno, el agua de escurrimiento al llover tendrá una mayor velocidad de flujo, por tanto, se pueden generar inundaciones instantáneas en la cuenca baja, si existe un índice bajo de infiltración hacia los acuíferos subterráneos” (Forero, 2017)

Imagen 21. Rio Calandaima (2018). *(Becerra y Alvarado, 2018)*



“Como se observa el rio Calandaima no posee agua de calidad, esto es causado por los residuos líquidos de letrinas descargados allí, la disposición de residuos sólidos a cielo abierto y por falta de protección en los pozos de extracción. El cuerpo de agua se ve también amenazado, por la contaminación con aguas residuales de las municipalidades que no poseen planta de tratamiento, los lixiviados generados por la incorrecta disposición de residuos sólidos domésticos y los de las actividades agrícolas, por ende, no es una fuente hídrica confiable para el consumo humano” (Becerra y Alvarado, 2018).

6. Desarrollo

Inicialmente y luego de hacer una profunda investigación acerca de la deficiencia y gran problemática que se vive en el municipio de Apulo Cundinamarca, se planteó la idea de realizar un reconocimiento al municipio, realizar unas inspecciones detalladas sobre sus cuencas y sus procesos de abastecimiento de Agua, seguido de observar el estado y funcionamiento de la planta de tratamiento del agua que abastece al municipio.

A muy tempranas horas de la mañana se inició el viaje de los investigadores partiendo cada uno de sus lugares de residencia hacia Apulo Cundinamarca; después de un par de horas de recorrido se llegó al sitio de destino. Estando ya en el lugar se procedió a reconocer el municipio, accediendo por su vía principal la cual se dirige al centro del municipio, donde se encuentra el parque principal y la alcaldía municipal de Apulo, Cundinamarca; lo cual permitió realizar un reconocimiento primario de la zona, seguido a eso se entablaron varias conversaciones con habitantes del sector los cuales aportaban buenas fuentes de información para el proyecto. Se les pidió voluntariamente a algunas personas con las que se habría dialogado el responder unas encuestas con preguntas donde se les nombraba de la dificultad que allí se vive con respecto al abastecimiento y asignación del recurso hídrico. Dicha encuesta arrojaría datos clave para la investigación que es justo lo que se requería para poder conocer de primera mano los detalles respecto a la problemática, mientras todo esto transcurría también las personas manifestaban su inconformismo con la prestación del servicio del agua potable, se procedió a consultar dónde es la ubicación de la empresa prestadora del servicio, enseguida todo el grupo de investigación realizó un desplazamiento hacia las instalaciones de la misma que presta el servicio de acueducto ubicada a las afueras del municipio en el Km 1 Vía Apulo – Anapoima; que se reconoce como EMPOAPULO S.A E.S.P donde primeramente se llegó y se logró visualizar que no hay ninguna

persona que preste el servicio de vigilancia ya que se entró a la PTAP con la misma facilidad a la cual se entra a un centro comercial. Una inspección de entrada deja en evidencia que no hay mucha seguridad en el lugar y cualquier persona puede ingresar sin tener permiso ya que el portón de ingreso permanece abierto y en el lugar no cuentan con una persona para supervisar la entrada o salida del personal o transeúntes que hagan allí presencia.

Acto seguido los estudiantes se acercaron a las oficinas que se encuentran ubicadas dentro de la misma planta; a partir de allí se brindó la información por parte de los estudiantes investigadores a los entes administrativos presentes en el lugar; dando a conocer la iniciativa de poder reconocer e inspeccionar el funcionamiento y procesos que se dan al agua que entran en la PTAP del Municipio de Apulo.

Las personas funcionarias de la empresa EMPOAPULO allí presentes informan que para poder cumplir con esta iniciativa se debe realizar y radicar una carta mencionando el interés de visitar las instalaciones y de esta manera hacer la respectiva inspección para obtener la información directamente con el ente que administra y dirige esta planta de tratamiento, todo bajo el asesoramiento y guía de una persona autorizada u operario que ejerza en el lugar.

Teniendo conocimiento de esto los estudiantes regresan a el municipio y buscan un lugar donde alquilar una computadora y realizar la carta exigida por los entes administrativos de la planta de tratamiento, en la misma se da información y claridad a las intenciones planteadas desde un principio, después de terminar la redacción del documento se imprimió y se firmó por los interesados.

Se realizo de nuevo el desplazamiento por parte del grupo de estudiantes hacia las instalaciones de EMPOAPULO en el kilómetro 1 siendo atendidos nuevamente por los

trabajadores presentes de muy buena manera, luego de entablar una muy buena conversación se procede a radicar el documento en las oficinas de la empresa con sello y copia del radicado.

(Véase Anexo 1).

Imagen 39. Carta de Conocimiento a EMPOAPULO.

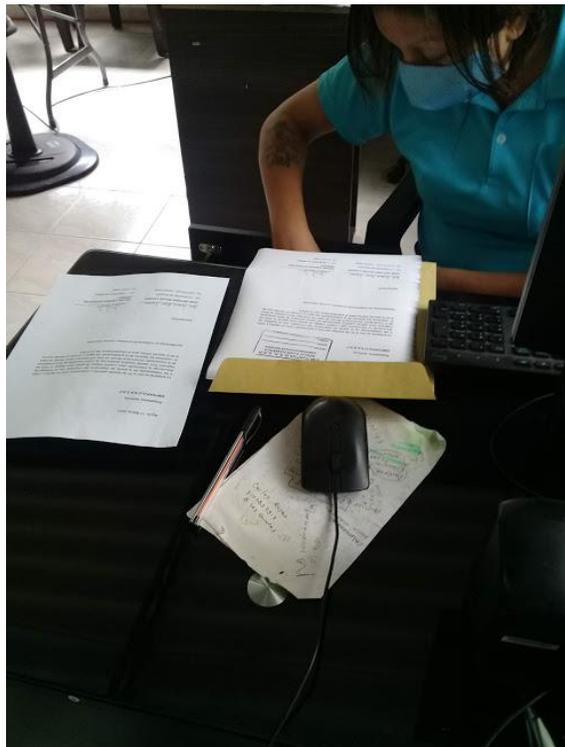


Imagen 30. Radicación Carta a EMPOAPULO. Autor



Se da a entregar y firmar la carta de solicitud de visita e inspección oficial a la planta ante la empresa de acueducto EMPOAPULO con copia para la empresa y los estudiantes.

Posteriormente se hizo una visita a la cabecera municipal donde se pudieron compartir distintos puntos de vista con los habitantes del sector algunas personas encuestadas resuelven que los cobros por el servicio prestado son muy elevados siendo este deficiente a sus necesidades según esta fuente; por otro lado el señor Ricardo Arias nacido y criado en Apulo comento que “esa planta de tratamiento la dono hace 35 años el consorcio Cemex (empresa de cemento) y

pues por esa labor obtener algunos beneficios ante el estado y la comunidad, también supliéndose del servicio para ellos mismos” (Arias, 2021); también se comentó que en sus inicios la planta fue diseñada para 3.000 habitantes que en ese entonces era la población con la que Apulo contaba, así mismo expresa que “no se predijo que en un futuro tanto el municipio como sus habitantes iban a crecer llegando hasta la actualidad de contar con más de 7.000 mil habitantes que demandan de muchísima agua día a día y sin sumarle la población flotante que allí llegan como los son: turistas, trabajadores, familiares y dueños de fincas o casas aledañas entre otros, seguido de las malas administraciones pasadas que no han hecho un correcto desarrollo ni una óptima intervención al sistema, perjudicando a todos los Apuleños”(Arias, 2021); la anterior información fue dada por un hijo del pueblo muy inconforme por la escases y desabastecimiento del líquido de vida. Explicando cómo se dan los principales procesos de abastecimiento de agua en el municipio; informando que cada uno de ellos presenta situaciones diferentes con respecto al abastecimiento de agua en sus residencias, cuenta que “muchas veces se tiene que llevar el agua en carro tanques a todos los barrios lo cual no es suficiente por la demanda que se tiene o que sencillamente se tenga que ir al depósito o tienda a comprar el agua, además, de resaltar que no todos los pobladores cuentan con los recursos económicos para comprar el recurso procesado” (Arias, 2021).

Con esto se identificó y se relacionó la problemática inicialmente planteada, que se está llevando a cabo con el proceso investigativo previamente realizado; las declaraciones brindadas por la comunidad son un claro reflejo de lo que representa el desabastecimiento del recurso hídrico en el municipio llevándolo a un punto en que todo aquel que se vea afectado por esta problemática deberá buscar por sus medios bien sea físicos o económicos lograr conseguir el

preciado líquido, entrando también a contemplar la situación social entre los habitantes de Apulo, Cundinamarca.

En consecuencia de los días y luego de hablar con habitantes del municipio se les preguntó dónde quedaba el punto exacto de captación del líquido, algunas personas ni siquiera saben dónde toman el agua que ellos a diario beben y utilizan, otras indicaron que lejos entre las montañas hacia el norte, otra no sabía y mejor no opino nada, Don Ricardo Arias residente de Apulo y gran conocedor del tema dado que trabajo en un consejo de servicios públicos en el municipio y que por casualidad se pudo entablar una conversación bastante completa con él; informo de por donde se tenía que hacer el ingreso del inicio de la carretera que conllevaría a la cuenca, esta entrada se encuentra a 3 kilómetros de la cabecera municipal iniciando por una carretera terciaria destapada con mucha dificultad en su acceso por el mal estado de la vía.

Imagen 48. Cruce Km 3 Vía Apulo – Anapoima. Adaptado de: <https://maps.google.com>



Vía Apulo – Anapoima en el sector oriental de la vía se encuentra el cruce que conduce a los municipios de Viotá y El Colegio, misma que conduce desde la planta hasta el punto de captación en el río Calandaima.

Después de tener la información de la posible ubicación de la cuenca la cual se encuentra ubicada en el rio Calandaima a 24 km de Apulo más exactamente en el municipio aledaño de Viotá, Cundinamarca, se inició la avanzada hacia el lugar, la cual comenzó por una carretera destapada como lo había dicho anteriormente Don Ricardo Arias, esta carretera se encontraba bastante embarrada y de muy difícil acceso por algunos tramos debido a que la noche anterior había llovido en este sector.

Imagen 66. Vía Apulo-Viotá. Autor



Imagen 57. Detalle Vía Apulo-Viotá. Autor



Ya mucho más adelante por el transcurso emprendiendo la ruta hacia la cuenca, los estudiantes en el recorrido del camino se fueron encontrando con varias personas a quienes se les pidió muy formalmente información y ubicación para llegar al lugar deseado, siguiendo las indicaciones se pasó por la vereda San Antonio la cual por unas partes es bañada por el rio Bogotá y más a la parte de arriba por el rio Apulo estos dos en un estado muy alto de contaminación que los mismos seres humanos les han causado con el pasar de los años y sin poder sacarles provecho para un abastecimiento del líquido.

Imagen 84. Rio Bogotá. Autor**Imagen 75.** Paso Rio Bogotá Vereda San Antonio. Autor

El rio Bogotá pasa aledaño a casas y fincas ubicadas en la vereda San Antonio, irrumpiendo en la vía que de Apulo conduce a Viotá y El Colegio llevando a su paso la contaminación que acarrea de su cauce aguas arriba.

En el transcurso del recorrido en varios sectores se podía observar los ríos antes mencionados su cauce y su recorrido, se pudo observar un conjunto residencial llamado Mesa Yeguas por el cual pasa el Rio Calandaima, obteniendo información de que la tubería que transporta el agua para la planta de tratamiento una parte se encuentra dentro del Condominio.

Imagen 93. Entrada Condominio Mesa de Yeguas. Autor



Imagen 102. Paso Rio Calandaima sector Mesa de Yeguas. Autor



Imagen 111. Rio Calandaima sector Mesa de Yeguas. Autor



El paso del río Calandaima frente a una de las entradas al Condominio Mesa de Yeguas unido por un puente vehicular que permite el paso a través de este para poder realizar su ingreso al mismo.

Inmediatamente, se identificó que muy cerca a la parte baja del puente existe un acceso peatonal al río, nos acercamos a hacer una inspección visual del cauce que por allí pasa y revisamos que ya presenta algunos olores no muy fuertes además con baja presencia de sedimentos al momento de la revisión, si bien al revisarla se ve agua clara y hasta cristalina en su gran caudal se evidencia alguna turbiedad, misma que en la zona cercana a la planta se hace más compleja.

Imagen 120. Inspección y Reconocimiento de Cauce Río Calandaima. Autor



Revisión visual y detallada del agua del cauce que transita en la parte baja del sector Mesa de Yeguas, con facilidad de acceso peatonal.

Imagen 138. Inspección Visual de Cauce Rio Calandaima. Autor **Imagen 129.** Registro Fotográfico Rio Calandaima. Autor



En el sector donde se encuentra el acceso directo al río en la parte baja del puente del sector Mesa de Yeguas, existen algunos mensajes característicos sobre el medio ambiente y cuidado del agua, seguramente instalados por la comunidad para que los transeúntes que hagan presencia en el sitio logren identificar un buen estilo de acciones frente al cauce.

Imagen 147. Mensajes Ambientales aledaños al Cauce. Autor



Imagen 165. Mensaje Ambiental extremo Norte.



Imagen 156. Mensaje ambiental extremo Sur.



Con mensajes como “El agua vale más que el oro” o también “para cambiar al mundo, primero hagámoslo nosotros”, se visualizan aspectos importantes para el buen manejo y relacionamiento con respecto a las acciones que se le dan al cauce del río cuando lo disfruten o hagan uso de él.

En el recorrido en muchas partes se podía ver por donde transcurría las tuberías del acueducto de EMPOAPULO, avanzando se pudo apreciar gran parte de flora y fauna que habitan en este sector también llamó mucho la atención que en varias partes del río hay mensajes alusivos al medio ambiente en especial que hacen la invitación a cuidar el agua ya que es la principal fuente de vida.

Imagen 174. Puente hacia Veredas Calichana – El Triunfo



Sobre el puente se puede lograr observar a unos 100m de distancia el muro que marca el nivel del río, y donde junto a este está el punto de captación lateral, al costado derecho haciendo una vista río abajo.

Imagen 192. Vista punto de captación desde el puente. Autor

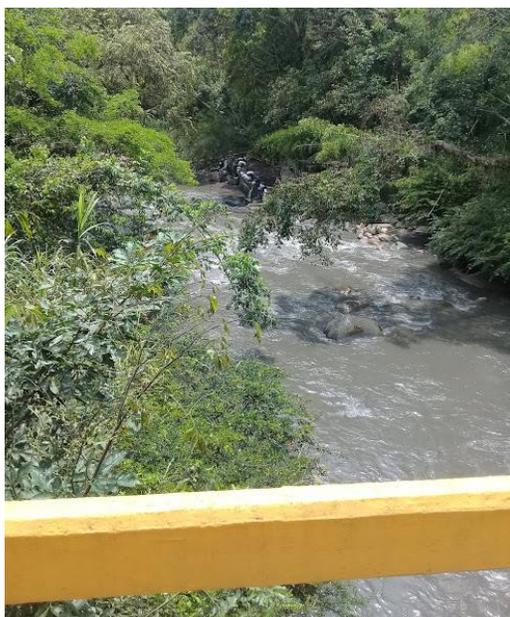
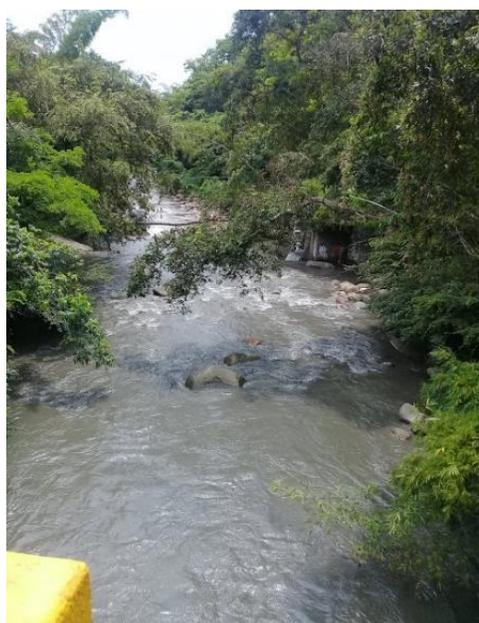


Imagen 183. Vista punto de captación lateral. Autor



Una vez en el lugar y ubicada el punto de captación se realizó el descenso hacia el mismo, para poder observar y revisar de manera detallada el proceso de captación de la cuenca.

Imagen 201. Descenso hacia el punto de captación. Autor



Imagen 210. Vista del puente desde el punto de captación. Autor



Logrando el descenso, se deriva en la parte superior del sitio de captación donde se puede observar en detalle una regleta de medición de altura, y junto a esta una gran piedra que al llegar a este punto se debe sobrepasar para poder llegar y ver más específicamente el punto exacto de captación; avanzando y realizando el ascenso por medio de la piedra, ubicados en la parte alta de la misma se puede obtener una vista más amplia de lo que conlleva en primera instancia, una visión del cauce que justo en este punto hace un cambio de cota, haciendo que exista una caída de unos 2 metros entre una y otra; adicional a la visión que se detallada viendo algunas tuberías y entendiendo que en este sector es el punto de captación debido al componente natural y físico de esta zona.

Imagen 228. Parte superior de punto de captación.



Imagen 219. Ascenso a vista general punto de captación.
Autor



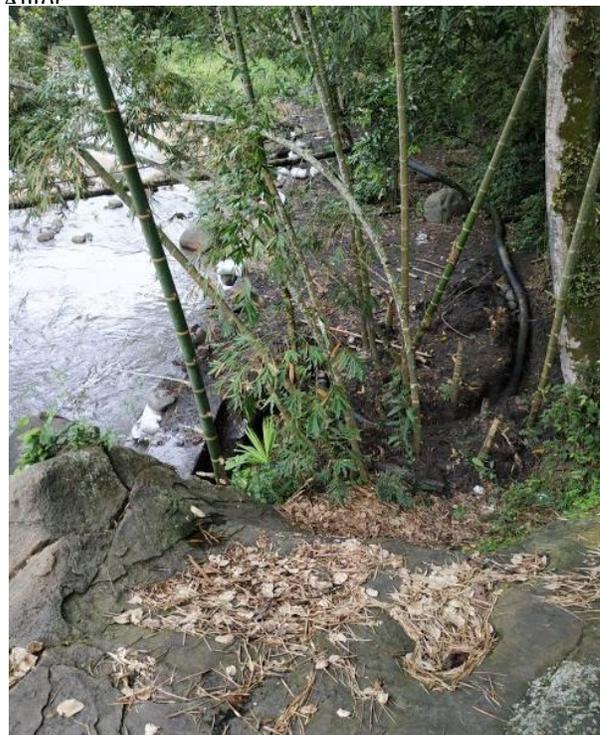
Imagen 246. Vista alta del cauce Rio Calandaima.

Autor



Imagen 237. Vista tubería y parte inferior del punto.

Autor



Ubicados en esta zona se logra observar una cámara ubicada justo al lado donde se hace el punto inicial de captación esto sin ninguna protección o soporte que impida el ingreso de materiales o cualquier objeto u cosa que pueda generar contaminación o relaciones físicas como taponamiento u obstrucción al caudal.

Imagen 264. Vista alta cámara de captación. Autor



Imagen 255. Vista interna cámara de captación. Autor



A partir de allí podemos evidenciar que hacia la parte baja paralela a este lugar se encontraba una rejilla que, hacia parte de la bocatoma, rejilla que en los meses anteriores, fue removida por el mismo cauce, dejando esta parte de la bocatoma si el artefacto que permite retener aquellos elementos u objetos que pueden aguas adelante represar y obstruir las tuberías que conducen al acueducto del municipio; en un informe anteriormente realizado se logra observar que la rejilla en este tiempo aun existía y cumple su función de retención, al paso del tiempo y de la fecha de esta investigación dicha rejilla ya no está en funcionamiento por su no existencia en el lugar de la bocatoma.

Imagen 273. Bocatoma de rejilla de fondo antigua. (Becerra y Alvarado, 2018)



Se aprecia la rejilla de captación, en su momento con un bajo nivel de cauce que permite su visualización, de tal manera que se aprecia como se da el componente de captación en la bocatoma de manera transversal y lateral con el fin de poder retener y adquirir el suficiente caudal para su distribución a través de las tuberías.

Imagen 282. Bocatoma de rejilla de fondo actual. Autor



En el sitio de bocatoma se aprecia un aumento del volumen del cauce de tal manera que logra sobreponerse en el lugar donde se efectúa la retención y apoderamiento del caudal que por allí transita.

En presencia de la rejilla ocurría un fenómeno de no mucha captación de caudal debido a su diseño y a su estructura todo cuando el caudal era bajo y la rejilla no cumplía a cabalidad su función de retener y filtrar el agua libre de elementos u objetos que puedan obstruir o retener el agua una vez trabaje en las tuberías.

Imagen 300. Bocatoma de fondo antigua. (Becerra y Alvarado, 2018)



Imagen 291. Rejilla de bocatoma antigua. (Becerra y Alvarado, 2018)



“Se observa cómo es captada el agua y como la rejilla no influye en este proceso, debido a que fue diseñada sobre la estructura enrocada y no tiene ningún contacto con la fuente hídrica, gracias a que el diseño de este armazón fue elaborado con base a condiciones climatológicas desfavorables constantes, es decir, épocas de lluvia en donde el cuerpo de agua aumenta, causando que la estructura metálica cumpla con su funcionalidad” (Becerra y Alvarado, 2018).

Al realizar la inspección en parte de este proyecto, se encontraba en su momento una época de lluvias no muy constantes, pero si intermitentes que permitían tener un flujo en el cauce alto, a comparación de cuando se encuentra en épocas de bajas y hasta nulas lluvias; en estas condiciones se efectúa un trabajo de captación mayor dado que el cauce cubre en su totalidad la zona de apoderamiento de caudal para el viaje a través de las tuberías, esto también representa un componente en contra dado que al superar su nivel de captación, la velocidad que acarrea el cauce no permite la retención de un volumen muy alto de caudal esto debido al lugar y diseño donde se construyó en un principio la bocatoma.

Imagen 318. Bocatoma de fondo actual. Autor



Imagen 309. Ausencia de Rejilla de bocatoma. Autor



“Sin embargo, no fue tomado en cuenta las condiciones desfavorables para el diseño, por ende, no cumple con su objetivo principal. Por consiguiente, la captación se elabora por medio de una tubería que se encuentra en la parte inferior del enrocado. Luego esta se conecta con paso directo a una cámara de quietamiento” (Becerra y Alvarado, 2018).

Establecido el componente de captación se procede a identificar como se va componiendo la red que conduce el agua hasta la planta de tratamiento del municipio de Apulo, de tal manera que se llega al detalle de poder visualizar una cámara de quietamiento; cámara que a la vista de la visita está bajo el cauce que la cubre casi en su totalidad, tomando el riesgo de hacer un acercamiento lo más posible para lograr documentar e identificar esta cámara, que esta rebosada por el alto flujo que presenta por esta temporada el rio Calandaima.

Imagen 336. Cámara de quietamiento. Autor



Imagen 327. Inspección visual cámara de quietamiento. Autor



Al estar el rio en estas condiciones se hace complejo detallar concretamente la capacidad y dimensión de la misma de tal manera que una vez identificada se procede a conocer sobre cómo se da el curso hacia la misma, identificado y reconociendo que la bocatoma hace parte fundamental ya que un tubo conduce el caudal recibido en la bocatoma y lo transporta a esta con el fin de poder alcanzar una reducción de velocidad, que modifica la que viene con el cauce en esta cámara de tal manera que logre un correcto avance por medio de las tuberías consiguientes.

Imagen 345. Paso directo Cámara de quietamiento. (Becerra y Alvarado, 2018)



“Elemento estructural diseñado con el fin de disipar la energía del líquido y la velocidad del mismo. Luego de este elemento el agua es transportada al canal de aducción, unidad laborada en concreto y que al igual que la rejilla se encuentra en mal estado. Seguidamente a esta estructura, se procede a un canal de aducción y finalmente se conecta al desarenador.” (Becerra y Alvarado, 2018)

Avanzando con el recorrido de identificación y reconocimiento del sistema de captación de la planta de tratamiento del municipio de Apulo, Cundinamarca; en la zona se cuenta con la casualidad de encontrar una persona que estaba allí presente en el sitio; después de lograr una inspección visual básica, se procedió a seguir el recorrido que indicaba el tramo de la tubería, recorrido que sigue bajo protección de concreto esta misma va conducida a través del suelo y no es visible sobre la superficie, generando confusión con otras tuberías que se ven sobre el terreno sin recubrimientos o protección dado que se ven a simple vista se lograr identificar.

En este lugar se encuentra una persona que trabaja en la empresa prestadora del servicio de acueducto de Tocaima (INGEAGUA S.A E.S.P) el cual después de entablar una conversación respecto al tema de la zona de captación, indico que “en ese mismo lugar se captaba el agua para este municipio teniendo un porcentaje del 70% de captación de caudal de agua es para Tocaima y tan solo el 30% para Apulo” (Ramos, 2021)

Imagen 363. Operario Ingeagua E.S.P en la zona.
Autor



Imagen 354. Explicación por parte del operario Ingeagua E.S.P. Autor



“Dicha bocatoma es compartida con el municipio de Tocaima al igual que el caudal captado en una proporción de 30% para el municipio de Apulo y 70% para el municipio de Tocaima” (Becerra y Alvarado, 2018).

En continuación, se obtuvo la información de que a 200m del punto de captación en la bocatoma y paralelo al cauce del río, se encuentra el tanque desarenador del caudal que conduce hacia la planta de tratamiento del municipio de Apulo; se encamina hacia el lugar adentrándose en zona verde, un camino de difícil acceso que por las condiciones climatológicas en el momento se hace en medio de barro y pantano en una gran parte del trayecto que conduce a este punto.

Imagen 372. Camino hacia el desarenador. Autor



Durante el trayecto al desarenador se encuentran algunas fracciones de las tuberías que se ven a simple vista dado que por intervenciones o reparaciones han tenido que ser descubiertas del suelo y no volvieron a ser recubiertas de material sellante que las cubra bajo el suelo.

De entrada, una vez se llega al sector algunos metros antes del desarenador que conduce a la planta de tratamiento, en camino paralelo al cauce del río Calandaima, se encuentra con un primer tanque con encerramiento y bajo llave que a base de la información se deduce que es el tanque desarenador que distribuye el agua hacia el acueducto o tuberías que dan abastecimiento a las veredas apuleñas del sector.

Imagen 381. Tanque desarenador acueducto veredal.
Autor



Imagen 390. Vista interna tanque desarenador veredal. Autor



En la parte interna del encerramiento se encuentra instalada una malla que cumple la función de retener materiales y objetos que puedan caer al tanque, materiales como hojas, ramas y demás componentes arbóreos que afecten el tránsito y movimiento del caudal en esta zona; con la regularidad de que se encuentra a su máxima capacidad y presenta rebose en gran parte de su estructura, aseverando que se desperdicia una cantidad importante de líquido que se está vertiendo fuera de este tanque, teniendo destino final el suelo que se encuentra en esta área y no puede ser recuperado para una mejor función.

Metros más adelante, se encuentra el tanque desarenador donde es conducida el agua desde el punto de captación de la bocatoma a este tramo que se va trasladando por gravedad hacia su destino que en un porcentaje es la planta de tratamiento de Apulo, se evidencia que no hay presencia de algún material o componente que aislé o restrinja el paso por este sector del desarenador, tendiendo tendencia a una piscina sin ningún aspecto de encerramiento ni mínimo ni máximo, donde está expuesto a la introducción y participación de distintos componentes naturales como animales, plantas, objetos, etc.

Imagen 408. Tanque desarenador acueducto municipal. Autor



Imagen 399. Vista inferior tanque desarenador municipal. Autor



Se hace evidencia de una afectación como lo es presencia de capa vegetal en la parte superior y lateral del tanque, expuesto a este fenómeno al no contar con una barrera que impida la presencia de este compuesto; además de estar al alcance de cualquier persona o compuesto que quiera intervenir en este, un riesgo representado que a pesar de no ser una zona de mucha

afluencia humana contempla la opción de no poseer seguridad alguna, contando con un daño estructural en su zona lateral que también representa el desprendimiento del material que está compuesta su estructura; dejando en evidencia el bajo mantenimiento e intervención que se le da a este y sus componentes.

Imagen 417. Desarenador acueducto municipal (2018). (*Becerra y Alvarado, 2018*)



“La unidad de desarenador se encuentra a 200 metros de la zona de captación el agua es conducida por medio de una línea de aducción de gres de 12”, el desarenador presenta desgaste estructural y gran acumulación de sedimentos. Posteriormente el agua es conducida hasta la planta por efecto de la gravedad, esto por medio de una tubería” (*Becerra y Alvarado, 2018*)

Este desarenador cuenta con una cámara de separación que cuenta con una pantalla de aproximadamente 2 metros que permite que el agua pase por un pequeño compartimiento entre estos haciendo una separación entre el agua y algunos sedimentos, para que el caudal siga su curso a través de la tubería con destino a la planta de tratamiento.

Imagen 435. Cámara de separación tanque desarenador. Autor



Imagen 426. Vista inferior cámara de separación. Autor



A partir de allí por efecto de la gravedad el agua es transportado por las tuberías rumbo a la planta de tratamiento respectiva una vez se haga la división y repartición de caudales que permitirá recibir el caudal tomado de allí para el tratamiento respectivo una vez haga presencia en la planta.

Imagen 444. Repartidor de caudales. (Becerra y Alvarado, 2018)



“Como se puede contemplar es un componente elaborado en concreto, se encuentra en mal estado y no posee todos sus mecanismos de protección. Seguidamente el agua llega a las instalaciones de la planta de Apulo, por medio de una tubería y por efecto de la gravedad” (Becerra y Alvarado, 2018).

El caudal después de su recorrido ingresa a las instalaciones donde es recibida por la canaleta parshall dando así el resalto hidráulico para seguir con la conducción del agua hacia las estructuras de la planta de tratamiento.

Imagen 453. Canaleta Parshall. (Becerra y Alvarado, 2018)



“El flujo de agua llega principalmente a la canaleta parshall, componente en concreto reforzado, cuenta con una tubería de entrada del agua cruda de 8 pulgadas de diámetro. Estructura hidráulica, diseñada con el fin de crear un resalto hidráulico, de esa forma, la turbulencia realizada se aprovecha para adicionar la disolución del coagulante para así mismo formar los flocs, también es utilizada para aforar el caudal que entra a la misma estructura.” (Becerra y Alvarado, 2018).

La mezcla rápida se efectúa mediante la turbulencia que ha sido provocada tras el paso por la canaleta parshall; cumple con el propósito de dispersar rápida y uniformemente el coagulante que según Becerra y Alvarado “es sulfato de aluminio tipo B”; que actúa en totalidad con el agua.

Imagen 461. Adición del coagulante. (*Becerra y Alvarado, 2018*)



6.1 Descripción de la Planta de Tratamiento existente

En consecución al proceso investigativo, se contempla la inspección a la planta de tratamiento del municipio con el objeto de reconocer y analizar las estructuras que hacen función en la potabilización del agua para abastecer a la población de Apulo.

La planta de tratamiento del municipio de Apulo, Cundinamarca a cargo de la empresa EMPOAPULO S.A E.S.P se encuentra ubicada en el costado occidental de la vía que conduce de Apulo hacia Anapoima; esta posee dos entradas una peatonal y una vehicular; la peatonal estando ubicada sobre la vía principal con difícil visión y la vehicular algunos metros

adentrándose en el sector. En su portón de entrada no hay vigilancia alguna, ni registro de seguridad que controle entrada al sitio, pocos metros dentro de la misma se encuentran algunas estructuras que hacen parte del tratamiento, estructuras sin encerramientos de seguridad que cubran o protejan de agentes externos que pueden ingresar al proceso. No cuentan con un sistema de vigilancia esto dado que cualquier persona o animal puede ingresar al lugar sin permiso alguno. Metros adelante se encuentran los laboratorios, estos presentan déficit en sus puertas y su estructura interna como humedad y corrosión; en estos laboratorios se realizan algunos ensayos al agua algunos son Ph, Turbiedad y prueba de jarras; posee un sistema de iluminación básico a cargo de 3 reflectores que le brindan claridad en la noche. La planta según Becerra y Alvarado recibe “25 litros por segundo actualmente son conducidos a la PTAP ubicada a 25 km de la bocatoma”, bocatoma de fondo que capta un caudal desde el Rio Calandaima en el municipio de Viotá; la planta es de tipo convencional cuenta en su composición estructural con una canaleta parshall, un floculador de tabiques convencional, sedimentador rectangular y filtros de múltiples capas como lo son arena y antracita.

“Adicionalmente cuenta con un tanque de almacenamiento con capacidad de 276 m³, el cual se encuentran en concreto semienterrado. La tubería de conducción es en asbesto cemento con un diámetro de 10 a 12 pulgadas, con una edad aproximada de 30 años. De igual forma, la tubería de distribución cuenta con la misma edad, está construida en asbesto cemento y PVC de 2, 3, 4 y 6 pulgadas” (Becerra y Alvarado, 2018)

7. Análisis y Resultados

7.1 Análisis Encuesta

Se realizó una encuesta a algunos habitantes del municipio de Apulo donde se referenciaban algunos temas tratados como el desabastecimiento del recurso hídrico, la calidad del mismo que reciben por parte de la empresa de acueducto, sobre sus conocimientos acerca del recurso y captación del mismo, entre otros; de tal manera que al analizar los resultados se pudiera identificar y reconocer la postura de las personas frente a estos puntos clave que dan por considerar y encontrar más relaciones a la problemática y la situación que se presenta en el municipio de Apulo, Cundinamarca.

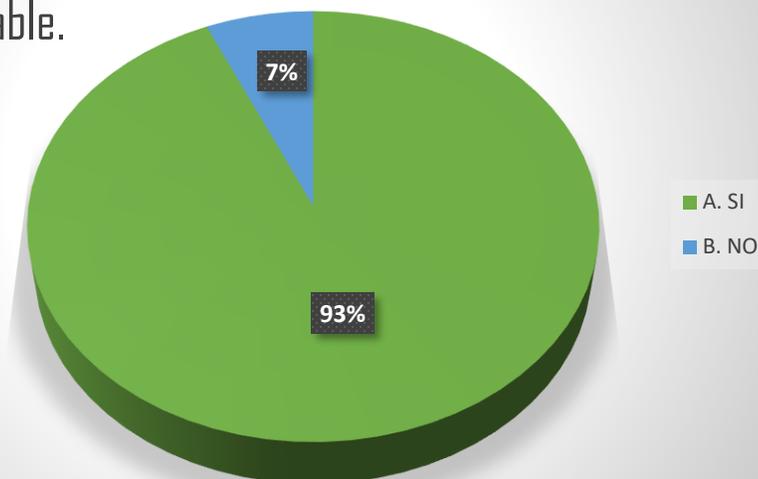
Grafica 24. Pregunta calidad del agua en el municipio de Apulo. Autor



El 40% de las personas encuestadas muestran una variable negativa en cuanto a dar una calificación del agua en el municipio de Apulo, cuestión que ellos mismos evidencian ya que se hace indudable y ellos mismos son los actores principales que participan y hacen parte en dicha problemática; el 14% muestra que en aspecto medio el agua no tiene características tan bajas.

Grafica 33. Pregunta organismos de control. Autor

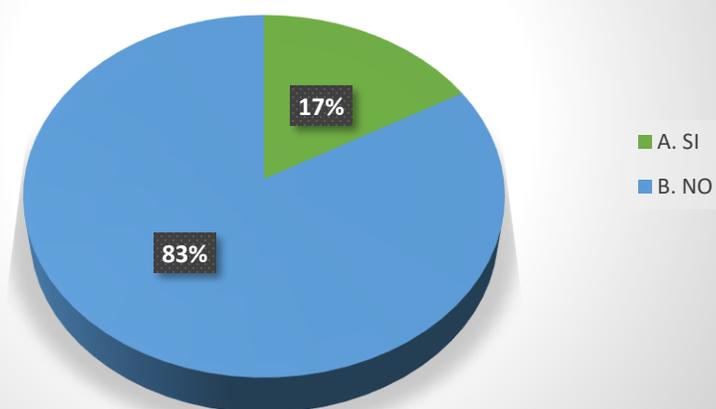
PREGUNTA 2: Cree usted que en Apulo hay falta de interés de la administración municipal para el tema del agua potable.



El 93% de las personas encuestadas en el municipio de Apulo, considera que en el municipio existe un desinterés por parte del ente gobernante dado que en el caso del agua potable no han implementado estrategias o interacción para solucionar dicho tema que es importante para los habitantes.

Grafica 42. Pregunta calidad del agua directa para consumo. Autor

PREGUNTA 3: ¿Se puede beber el agua que sale directamente de la llave?



El 83 % de la población de Apulo, Cundinamarca está en total desacuerdo, y claramente tienen conocimiento que no se puede beber el agua que llega a sus casas por la red de acueductos; esto sin contar el 17% que asegura que el agua directamente que recibe en el grifo si es potable y apta para el consumo.

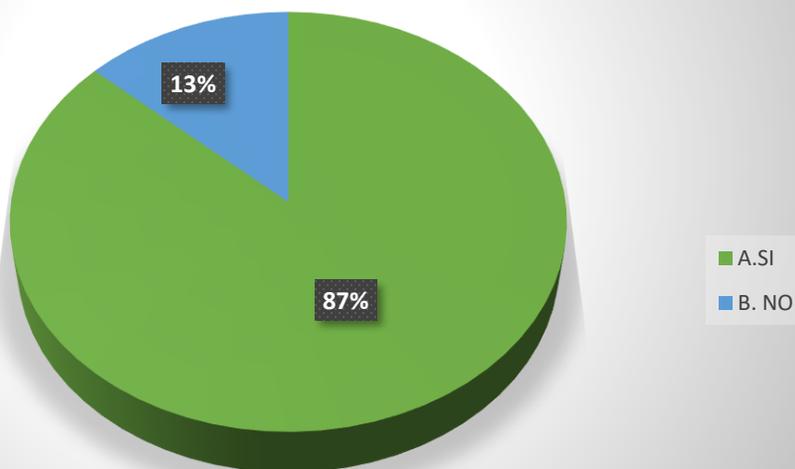
Grafica 51. Pregunta potabilización del agua municipio Apulo. Autor



El 77 % de personas encuestadas aseguran que en el municipio de Apulo no se le da el debido proceso a la potabilización del agua y por lo tanto están en inconformidad con el servicio que presta la empresa de acueductos, evidenciando que el agua brindada a la comunidad no es del concepto favorable para ellos.

Grafica 60. Pregunta conocimiento punto de captación. Autor

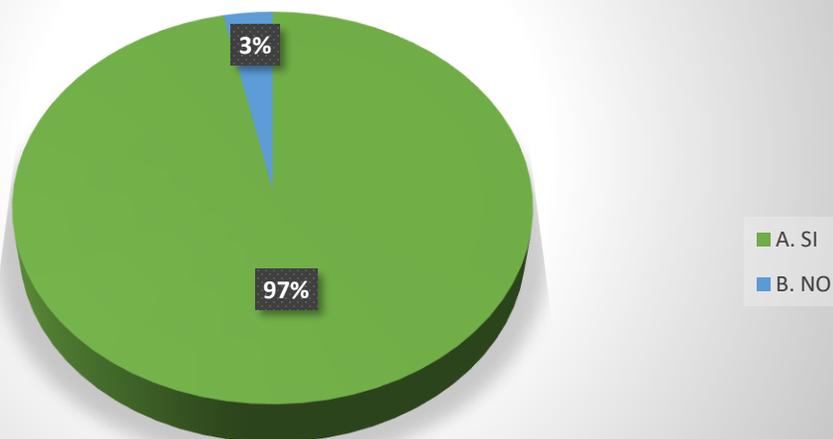
PREGUNTA 5: ¿Sabe usted de donde proviene el agua que bebe?



El 87% de la población encuestada del municipio saben perfectamente de dónde proviene el agua o de dónde se hace la captación de líquido que llega a sus casas, teniendo en cuenta que por fuentes directas o indirectas conocen este tipo de información.

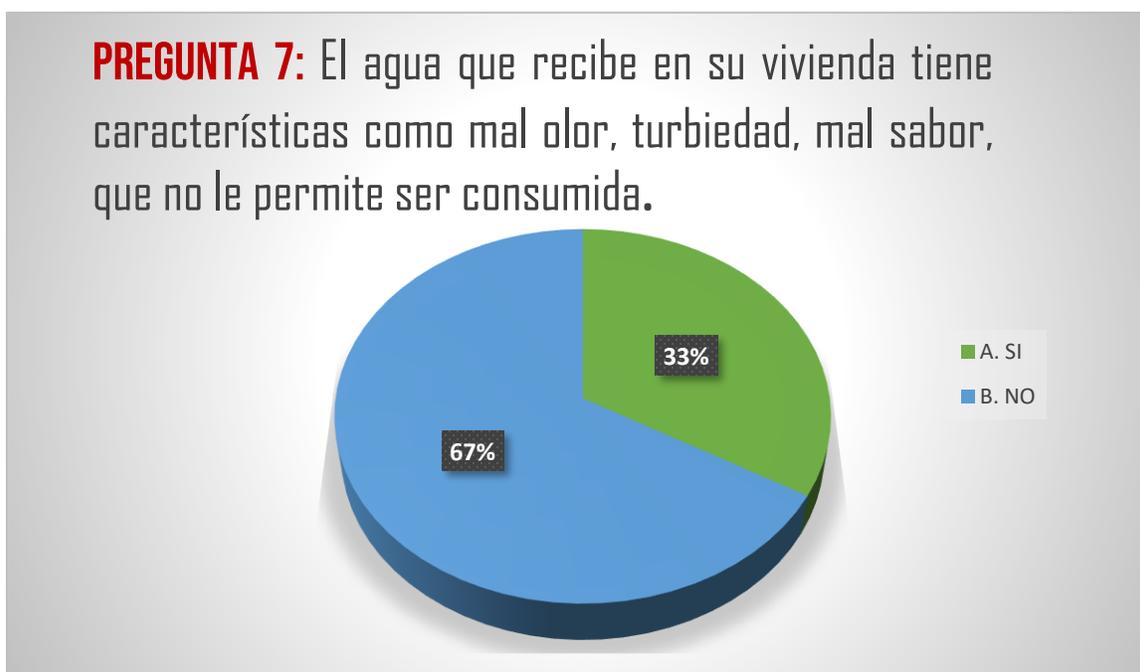
Grafica 69. Pregunta desabastecimiento de agua en viviendas. Autor

PREGUNTA 6: ¿Sufre de desabastecimiento de agua o la reducción de esta continuamente en su vivienda?



El 97% de las personas encuestadas del municipio de Apulo sufren la gran problemática y están en total desacuerdo con el mal servicio y la reducción que tienen constantemente en sus viviendas de agua potable, causando afectaciones a sus actividades diarias que en algunas ocasiones son constantes y hasta prolongadas.

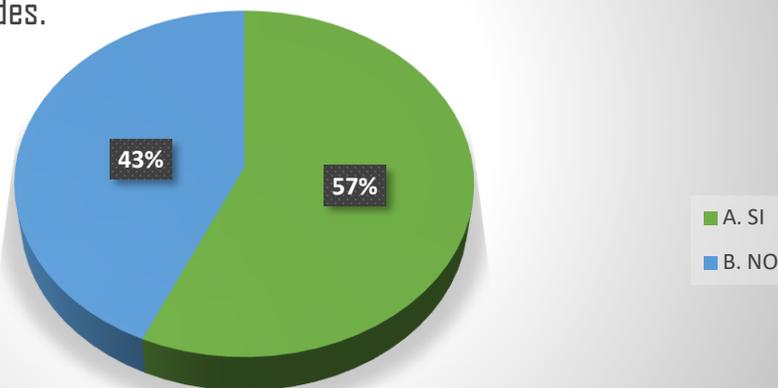
Grafica 78. Pregunta características del agua distribuida. Autor



El 67% de las personas encuestadas en el municipio está en total desacuerdo e indican que el agua que reciben ellos a diario en sus casas no presenta mal olor, turbiedad o mal sabor de tal manera que no son algunas razones por las cuales no consumen el agua que reciben del sistema de acueducto.

Grafica 87. Pregunta ríos y cuencas cercanos al municipio. Autor

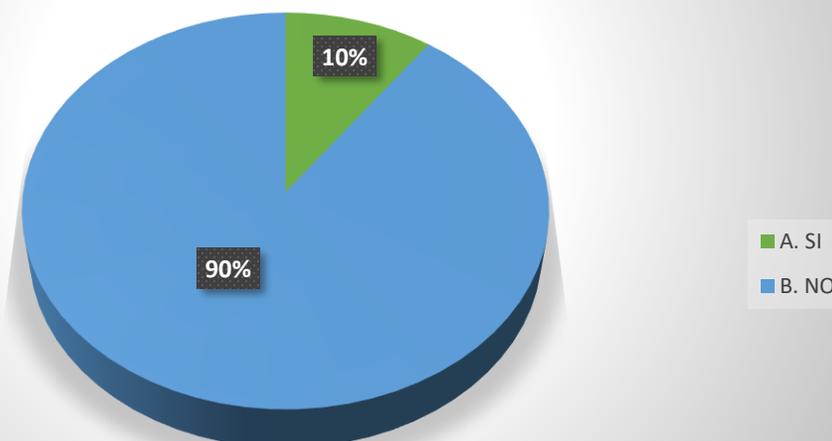
PREGUNTA 8: Los ríos o cuencas cercanos al municipio de Apulo de donde se puede captar agua para su distribución en las viviendas se encuentran en buen estado de limpieza o aptos para algunas actividades.



El 57% de los habitantes de Apulo encuestados, afirma positivamente que el río o cuencas de donde se hace la captación del agua, en consideración de aquellos se encuentran en buen estado de limpieza y los consideran aptos para algunas otras actividades.

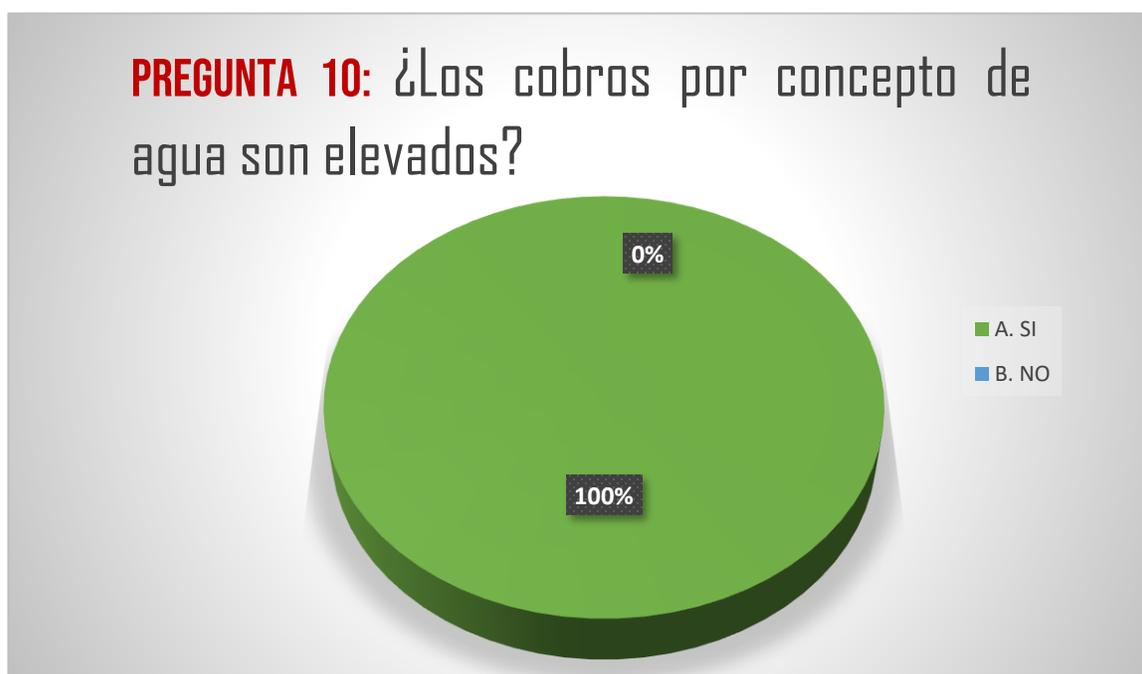
Grafica 96. Pregunta servicio de acueducto municipio. Autor

PREGUNTA 9: Cree usted que la empresa de Acueducto del municipio brinda un buen servicio de abastecimiento de agua potable.



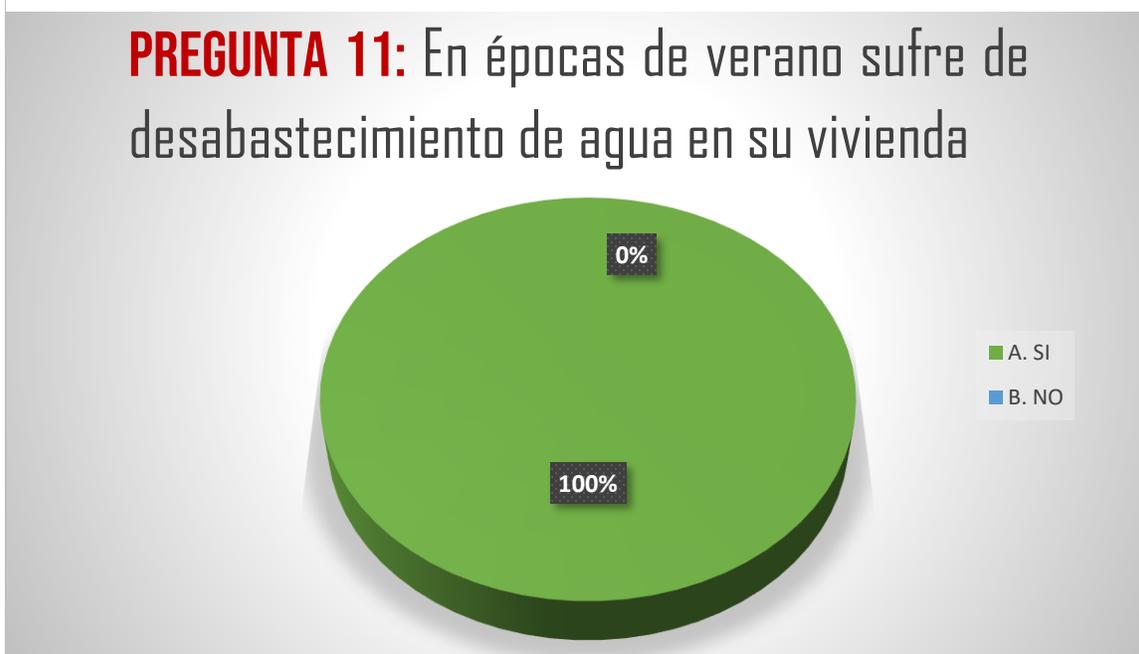
El 90% de los habitantes encuestados está en total desacuerdo con el servicio prestado por la entidad, se sienten muy inconformes por toda la problemática que a diario viven en sus casas por la falta del agua potable y consideran que no es correcto el servicio brindado.

Grafica 105. Pregunta cobros por servicio de acueducto. Autor



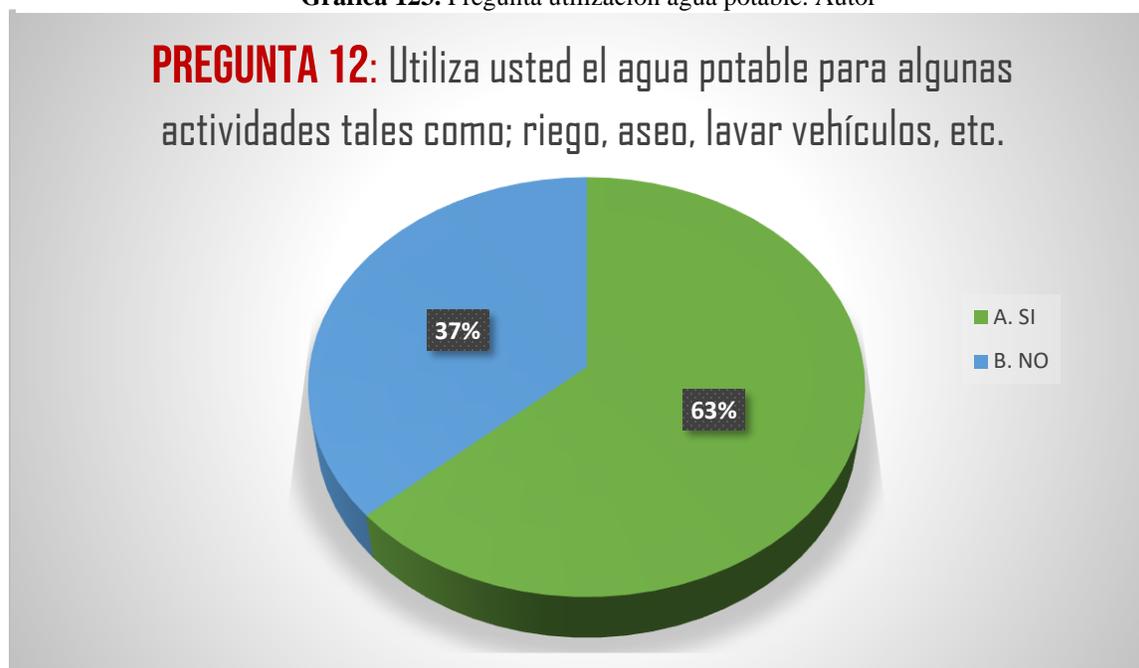
El 100% de la población encuestada en Apulo, Cundinamarca expresan su inconformismo por los muy altos costos en el cobro que mes a mes tienen que pagar por el servicio de acueducto, de tal manera que el cobro se realiza bastante alto a comparación al servicio que ellos reciben y consideran una prestación muy baja para los altos costos que cobran.

Grafica 114. Pregunta desabastecimiento en verano. Autor



El 100% de la población de Apulo Cundinamarca encuestada afirma estar en total acuerdo con la pregunta y expresa que en el verano sufren demasiado por la falta del agua, los escasos los agobia mucho más en estas temporadas al no poder cumplir y llevar a cabo varias actividades

Grafica 123. Pregunta utilización agua potable. Autor



El 63% de la población encuestada de Apulo, Cundinamarca acepta y confirma que el agua también la están utilizando para realizar diferentes actividades que no están calculadas en el gasto y consumo brindado para los habitantes.

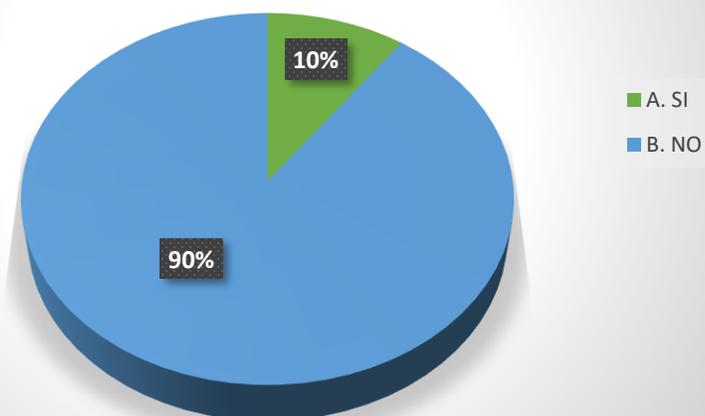
Grafica 132. Pregunta tanques de almacenamiento aguas lluvias. Autor



El 80% de la población encuestada de Apulo Cundinamarca no cuenta en sus viviendas con tanques que les permita almacenar agua lluvia para sus suplir algunas actividades que no requieran compromiso de utilización de agua potable en el hogar por medio del almacenamiento y recolección de las mismas.

Grafica 141. Pregunta desarrollo de campañas o jornadas ambientales. Autor

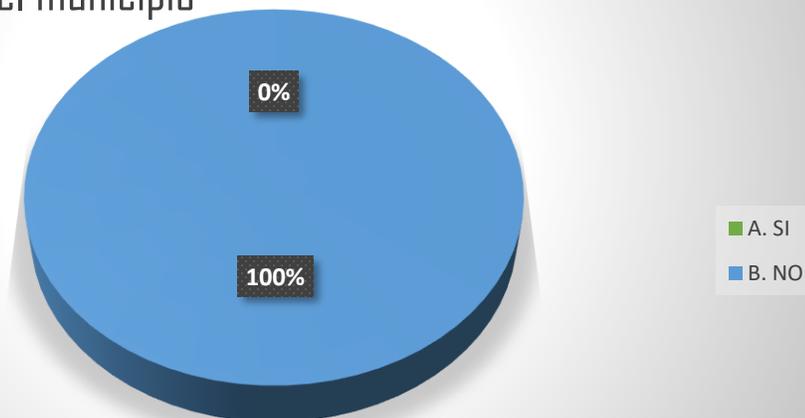
PREGUNTA 14: Se realizan jornadas o campañas de conciencia ambiental y cuidado del agua en el municipio



El 90% de los habitantes encuestados de Apulo Cundinamarca resalta que en el municipio no se realizan etapas de concientización ambiental que permita que las personas tengan en cuenta este aspecto, así como no se contempla la importancia de cuidado del agua a través de la relación con los habitantes por parte de los entes correspondientes del municipio.

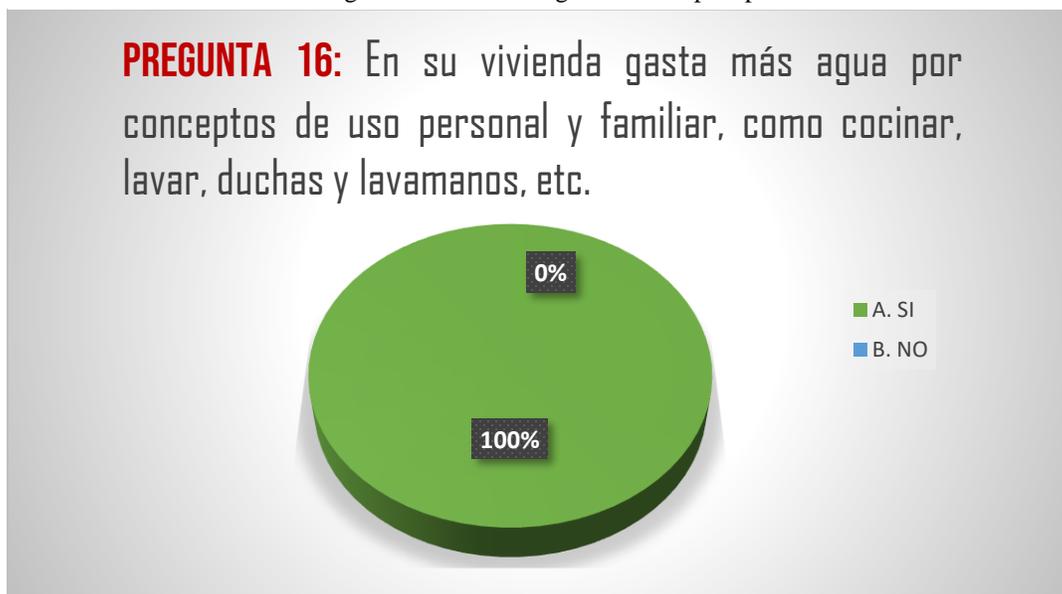
Grafica 150. Pregunta suficiencia de abastecimiento para el municipio. Autor

PREGUNTA 15: Cree usted que es suficiente el sistema de abastecimiento de agua para suplir toda la población del municipio



El 100% de las personas encuestadas del municipio de Apulo Cundinamarca cree que es deficiente el abastecimiento de agua en el municipio, debido a que el agua que reciben a través del acueducto no logra abastecer en su totalidad a la cabecera municipal.

Grafica 159. Pregunta consumo de agua en conceptos primarios. Autor



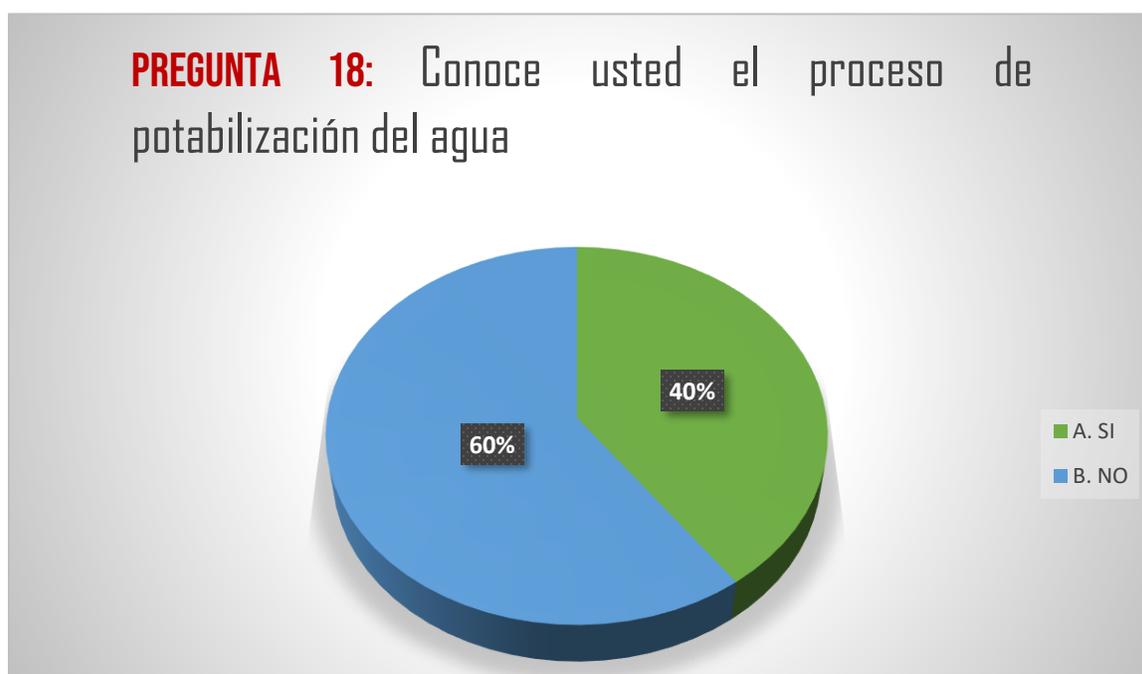
El 100% de las personas encuestadas del municipio de Apulo Cundinamarca refleja que se está utilizando el agua que reciben del acueducto municipal para gastos que reflejan usos básicos personales y familiares.

Grafica 168. Pregunta abastecimiento en épocas de turismo, ferias y fiestas. Autor



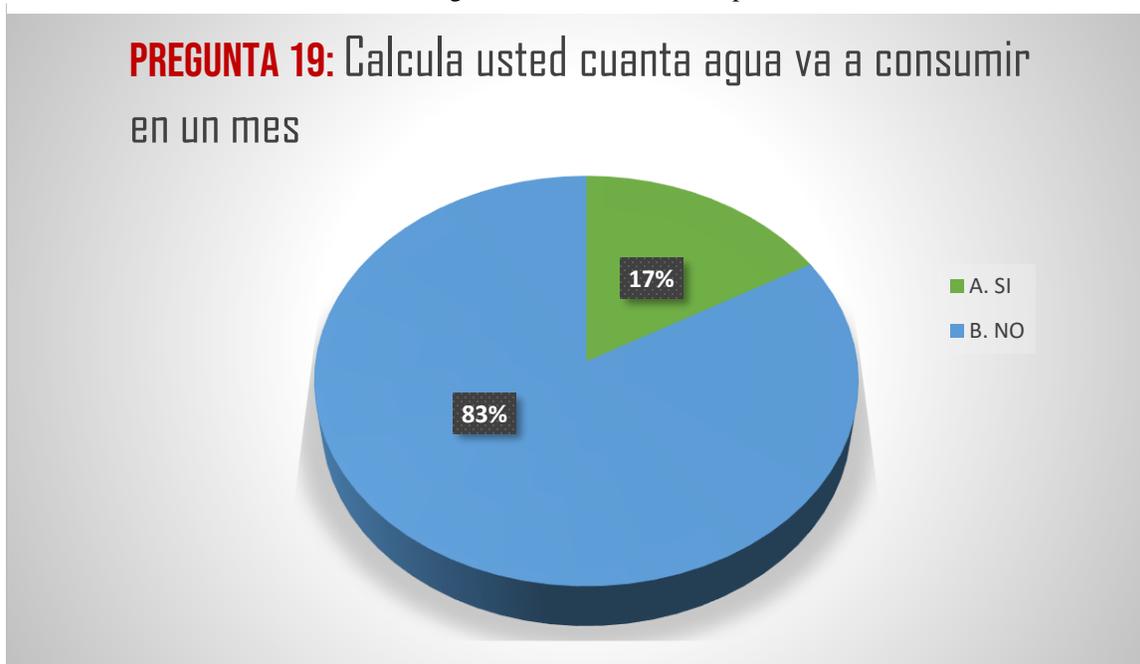
El 57% de las personas encuestadas en el municipio de Apulo están de acuerdo con que en épocas de ferias y fiestas sufren de desabastecimiento del agua por la presencia de turistas o visitantes, esta población flotante que seguramente al requerir el recurso representa una reducción en el abastecimiento de líquido.

Grafica 177. Pregunta conocimiento potabilización del agua. Autor



El 60% de las personas encuestadas en el municipio de Apulo, Cundinamarca no conoce el tratamiento que se le da al agua para su potabilización.

Grafica 186. Pregunta cálculo de consumo por mes. Autor



El 83% de las personas encuestadas en el municipio de Apulo no calculan el consumo de agua que van a realizar en sus hogares, el 17% de las personas encuestadas representa una evaluación de cálculo de consumo al mes en sus domicilios.

Grafica 194. Pregunta enfermedades o malestares por concepto del agua consumida. Autor



El 58% de las personas encuestadas en el municipio de Apulo Cundinamarca asegura no haber sufrido ninguna enfermedad debido a el agua que consumen recibida a través de la red de acueducto.

7.2 Calidad del Agua

Para conocer la calidad del agua que se le está distribuyendo a los habitantes del municipio de Apulo, Cundinamarca por medio del acueducto municipal desde la planta de tratamiento de agua potable, se realiza la búsqueda y sondeo en la base de datos del Instituto Nacional de Salud (INS), donde se da cumplimiento al Decreto 1575 de 2007 y sus resoluciones de carácter reglamentario, “establecen el sistema de protección y control del agua para consumo humano; desarrolló el aplicativo "Sistema de Información de la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano-SIVICAP", que permite a todas las Autoridades Sanitarias departamentales, reportar los datos de la vigilancia de la calidad del agua, en función de sus actividades de Inspección, Vigilancia y Control en el país” (INS, s.f.)

En la base de datos del SIVICAP se logra obtener información del índice de riesgo de la calidad del agua para el consumo humano IRCA, para el municipio de Apulo, Cundinamarca.

Tabla 3. INFORME CONSOLIDADO DEL IRCA ANUAL POR MUNICIPIO APULO (Decreto 1575/2007).
Adaptado de: (INS SIVICAP, 2020)

Año	Código Departamento	Nombre Departamento	Código Municipio	Nombre Municipio	Ubicación	Muestras Analizadas	IRCA	Nivel de Riesgo
2020	25	CUNDINAMARCA	25599	APULO	URBANO	13	14,9116	Riesgo Medio

En revisión del SIVICAP donde provee información directamente del instituto nacional de salud; en información brindada sobre el índice de riesgo de la calidad del agua para el consumo humano IRCA del año 2020 representa un nivel de riesgo MEDIO nivel que esta determinado por unos factores dados en la resolución 2115 de 2007 donde indica como se asigna este puntaje y este nivel de riesgo determinado por algunas características físicas, químicas y microbiológicas que presenta el agua a la hora de ser abastecida al municipio.

El cálculo del IRCA se realiza según la resolución 2115 de 2007 aplicando la siguiente formula:

Ecuación 1. IRCA por muestra

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

Adaptada de: Resolución 2115 de 2007

Cada característica de agua tiene un valor definido desde la resolución, con base en dichos valores se realiza el cálculo de porcentaje del IRCA, en caso de que la característica del agua en estudio cumple y está dentro de los valores aceptables el valor o puntaje dado será cero; contrario a si no cumple, dado que representa alto riesgo se le otorgara un puntaje de cien (100) puntos.

Tabla 4. Puntaje de Riesgo. Adaptado de: Resolución 2115 de 2007

Característica	Puntaje de Riesgo
Color Aparente	6
Turbiedad	15
PH	1.5
Cloro Residual Libre	15
Alcalinidad Total	1
Calcio	1
Fosfatos	1
Manganeso	1
Molibdeno	1
Magnesio	1
Zinc	1
Dureza Total	1
Sulfatos	1
Hierro Total	1.5
Cloruros	1

Tabla 5. Puntaje de Riesgo. Adaptado de: Resolución 2115 de 2007

Característica	Puntaje de Riesgo
Nitratos	1
Nitritos	3
Aluminio (Al ³⁺)	3
Fluoruros	1
COT	3
Coliformes Totales	15
Escherichia Coli	25
Sumatoria de puntajes asignados	100

Identificado el resultado del IRCA por muestra o mensual, se estipula una clasificación del nivel del riesgo del agua suministrada para el consumo humano, señalando y fijando las acciones que se debe realizar por parte de la autoridad sanitaria competente.

Tabla 6. Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra y el IRCA mensual y acciones que deben adelantarse. Adaptado de: Resolución 2115 de 2007

Clasificación IRCA (%)	Nivel de Riesgo	IRCA por muestra (Notificaciones que adelantara la autoridad sanitaria de manera inmediata)	IRCA mensual (Acciones)
80.1 – 100	INVIABLE SANITARIA MENTE	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 de orden nacional.
35.1 – 80	ALTO	Informar a la persona prestadora, al 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, al 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 vigilancia.

Según el IRCA brindado por el SIVICAP del Instituto Nacional de Salud determinado al 2020 para el municipio de Apulo, Cundinamarca; y representándolo en la resolución 2115 de 2007; el municipio se encuentra en un Nivel de Riesgo MEDIO, nivel que tiende a cambiar según reportes anteriores de SIVICAP hacia el Nivel de Riesgo BAJO; sin embargo se representa

del no completo cumplimiento por parte de la entidad prestadora dado que estos niveles representan el no ser agua apta para ser consumida, dos cualidades salen en presencia de este caso; en primera instancia la planta de tratamiento evidenciando que sus procesos y aplicaciones no son suficientes para lograr brindar un agua que sea apta para el consumo de los habitantes a quienes abastecen, por otro lado, las características físicas, químicas y microbiológicas del agua captada para su tratamiento pueden cumplir un rol importante en este resultado.

Generando un análisis comparativo para entrar evaluar estas características que permitan identificar el no cumplimiento para el municipio de Apulo en cuanto agua apta para el consumo respecta, dado que por medio de este se puede contemplar la opción de estudiar cómo se da el concepto en otro municipio; en este caso Tocaima capta una buena parte de caudal que se da en el punto de captación en el municipio de Viotá, al ser adquirida el agua del mismo cauce que lo hace Apulo, gracias al SIVICAP se puede generar un reporte que logre indiciar la información respecto al IRCA del municipio de Tocaima en el mismo tiempo que se tomó para el municipio de Apulo este representado en el año 2020; con ello se puede dar una comparativa al concepto de nivel de riesgo en cada uno de estos.

Tabla 7. INFORME CONSOLIDADO DEL IRCA ANUAL POR MUNICIPIO TOCAIMA (Decreto 1575/2007).
Adaptado de: Resolución 2115 de 2007

Año	Código Departamento	Nombre Departamento	Código Municipio	Nombre Municipio	Ubicación	Muestras Analizadas	IRCA	Nivel de Riesgo
2020	25	CUNDINAMARCA	25815	TOCAIMA	URBANO	32	0,6209	Sin Riesgo

En el informe brindado por el Instituto Nacional de Salud a través del sistema SIVICAP se logra percibir en un primer acto, de la cantidad de muestras realizadas en el año 2020; superando y duplicando en un porcentaje mayor las realizadas por el municipio de Apulo quien

(Véase Tabla 3) en el año 2020 realizó un total de 13 muestras analizadas; otro punto clave es el nivel de riesgo representado entre ambos municipios; teniendo en cuenta que juntos captan agua del mismo cauce que en este caso es el Río Calandaima y en el mismo punto de captación donde se encuentra la bocatoma que funciona para ambos municipios.

Con esto se da claridad a un proceso brindando al agua donde una vez estudiada entre municipios se da un resultado distinto, en el municipio de Apulo al 2020 según INS representa un Nivel de Riesgo Medio el cual no contempla en sus características que se apta para el consumo humano, en contraste al municipio de Tocaima que según informe de la misma INS al 2020 cuenta con un Nivel Sin Riesgo que hace apta el agua para el consumo; dando sentido a la información se deduce que en el proceso de potabilización del agua dado en la planta de tratamiento del municipio de Apulo no es suficiente para poder poseer un líquido apto para el consumo, a pesar de que sea variable sigue representando niveles que no permiten un aprovechamiento óptimo del mismo.

Una muestra de 10 años como histórico, consultado en el SIVICAP para lograr conocer cómo se dieron los análisis anuales del municipio respecto al IRCA.

Tabla 8. Histórico IRCA municipio Apulo, Cundinamarca (2010-2020). (INS SIVICAP, 2020)

HISTORICO IRCA APULO (2010-2020)			
AÑO	MUESTRAS EVALUADAS	% IRCA URBANO	NIVEL DE RIESGO
2010	13	12,2	BAJO
2011	12	3,8	SIN RIESGO
2012	12	4,97	SIN RIESGO
2013	12	18,23	MEDIO
2014	12	12,44	BAJO
2015	13	27,71	MEDIO

2016	12	12,79	BAJO
2017	12	14,05	MEDIO
2018	11	23,10	MEDIO
2019	13	7,21	BAJO
2020	13	14,91	MEDIO

Con el histórico IRCA se referencian los reportes de los últimos 10 años, con un análisis e interpretación de cada uno de estos, se logra describir como con el paso de los años se a hecho variable el nivel de riesgo, tan solo en el 2011 y 2012 represento en un promedio un Nivel de Riesgo “Sin Riesgo” esto permitiendo en su gran mayoría de desarrollo según la resolución 2115 de 2007 que el agua sea apta para el consumo humano, elevado a factores que también son variables como lo es la calidad del agua captada y su respectivo tratamiento; contemplando el resto de años analizados se hace referencia que su cambio en niveles de riesgo es continuo, en algunos un punto máximo es de dos años y otros solo uno entre nivel de riesgo Bajo y Medio, dado que ninguno de los dos niveles recién mencionados permiten el consumo al no poseer según la normatividad de tener aptitud para el consumo.

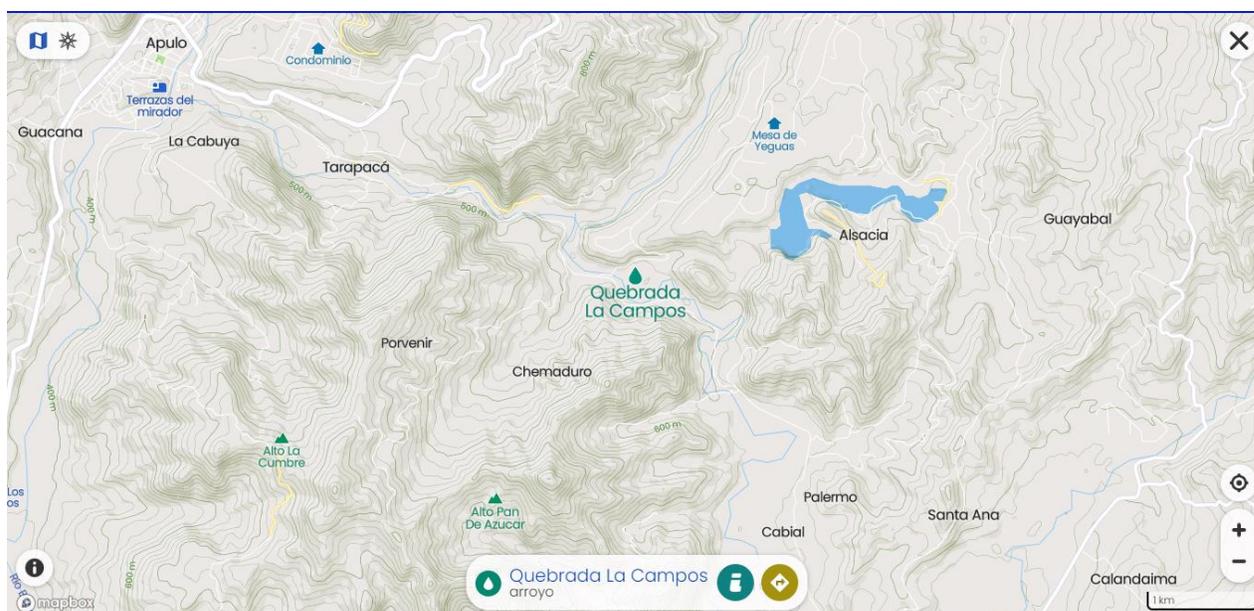
7.3 Alternativas de abastecimiento y mejoramiento

Se evalúan las características que se presentan en el municipio de Apulo, Cundinamarca en cuanto a desabastecimiento refiere, por medio de identificaciones variables que permiten la consecución de distintos parámetros con el fin de presentar una mejora y alternativa del abastecimiento del recurso hídrico, es por ello que con el proceso investigativo se lleva a un punto donde se logra la identificación de un punto de captación alternativo que permita al sistema poder elevar su flujo de caudal por medio de este; representado por características que posibilitan

el proceso del mismo modo como se plantea con la aducción del agua; se trata de la Quebrada Campos.

“La quebrada Campos es uno de los afluentes más importantes del río Calandaima, que hace parte de las cuencas de primer orden del río Bogotá. Se encuentra localizada en los municipios del Colegio y Anapoima en un área total de 2094 hectáreas, la quebrada nace en la cuchilla de Peñas Blancas en el municipio de Mesitas del Colegio a una altura aproximada entre los 2700 - 2800 msnm y desemboca en el río Calandaima a una altura promedio de 500 msnm” (Carranza, 2019)

Imagen 471. Mapa ubicación Quebrada Campos. Adaptado de: MapCarta.Com



La Quebrada Campos “Es una fuente hídrica permanente de cauce mínimo en época veraniega, que recorre las Veredas de Anda Lucía, La Esmeralda, Panamá, Providencia Mayor y El Cabral, desembocando en el río Calandaima” (Alcaldía de Anapoima, 2019)

La quebrada campos ha sido trabajada e intervenida por medio de la comunidad que ha realizado trabajos de cuidado y preservación del cauce y el medio ambiente, por medio de fundaciones y mano de obra comunitaria que se ha preocupado por el mantenimiento y preservar este afluente; intervenido al ser un punto de utilización para bañistas y usos recreativos que hacen de este una parte contaminante para la quebrada; reduciendo así el impacto negativo por medio de cada uno de los trabajos realizados en la ronda de la microcuenca.

Imagen 480. Trabajos de preservación Quebrada Campos. Adaptado de: Fundación Lazos del Calandaima



Se realizo en la zona donde se presentaban alteraciones hacia la quebrada “Trabajo de cercado y siembra de árboles en la ronda de la microcuenca desde la cuenca Alta hacia la baja. Actualmente se desarrollan actividades en zona” (Fundación Lazos del Calandaima, 2021).

Adicionalmente se realizó “Cercado de 100 metros lineales en predio privado en zona de ronda de la microcuenca Quebrada Campos (El Colegio)” (Fundación Lazos del Calandaima, 2021).

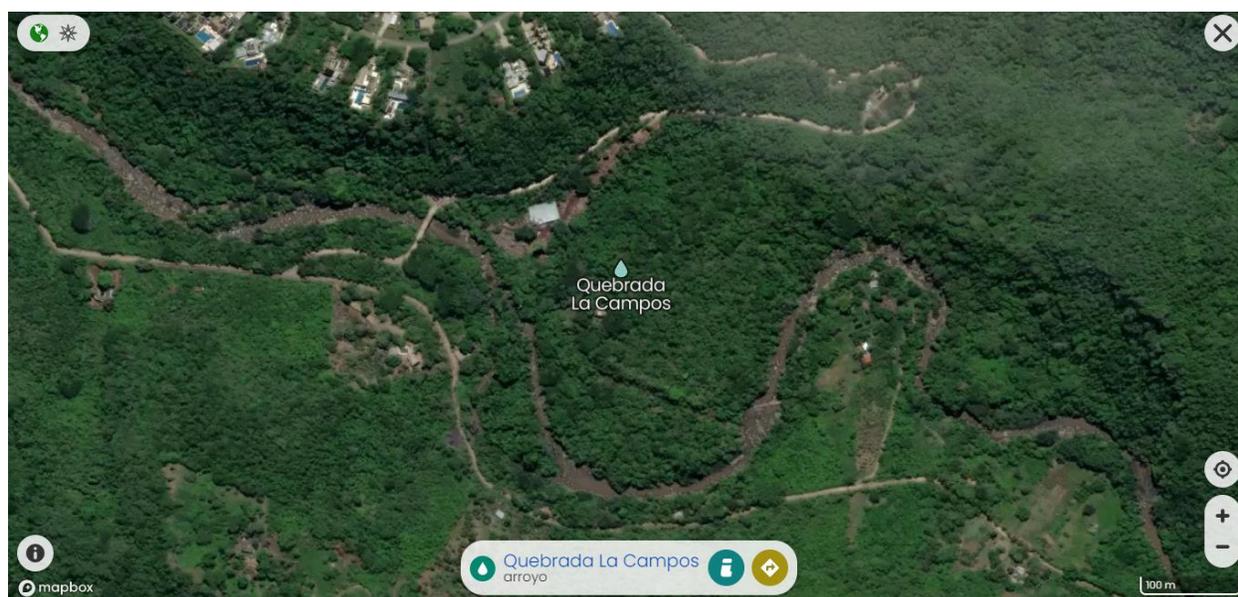
Imagen 489. Intervención a microcuenca Quebrada Campos. Adaptado de: Fundación Lazos del Calandaima



“El clima es variado, debido a las diferencias de relieve y altitud, encontrándose alturas desde los 450 msnm hasta los 2.800 msnm. De acuerdo a estas condiciones, se diferencian claramente tres zonas con características de precipitación, humedad relativa y temperatura diferentes así: una zona más húmeda localizada hacia la cuchilla de Peñas Blancas (alturas entre 2800 y 1800 msnm), una zona intermedia en la cuenca del río Bogotá (alturas entre 1700 y 1100 msnm) y una zona más seca hacia la cuenca del río Apulo (alturas entre 1000 y 400 msnm). Esta diversidad de climas y condiciones ambientales trae consigo la existencia de dos zonas de vida para la microcuenca, donde predomina el Bosque Seco Tropical y en menor proporción se encuentra el Bosque Húmedo” (Carranza, 2019)

Con unas características dadas la quebrada campos presenta un cauce de agua que predomina en dos aspectos, en temporadas secas y húmedas representa en el sector un promedio de caudal dado que durante su recorrido va presentado distintos niveles de precipitación y altura.

Imagen 498. Mapa satelital ubicación Quebrada Campos. Adaptado de: MapCarta.Com



En la Quebrada Campos “El manejo ambiental de una microcuenca se debe concebir con un enfoque sistémico, dado que una microcuenca al igual que una cuenca, se comporta como un sistema, complejo y abierto, el cual presenta interacciones entre los componentes sociales, económicos y ecológicos que inciden en la disponibilidad de sus recursos naturales y por tanto en el bienestar de las poblaciones que habitan la microcuenca” (Carranza, 2019)

En la quebrada se han implementado análisis y procesos de reconocimiento de tal manera que arrojen resultados que permitan evaluar las condiciones del agua que por este transita, justo antes de conectar al Rio Calandaima para seguir su recorrido; se permite la recolección de datos e información que represente una viabilidad concreta para el acto de que se convierta en un punto de captación para en un proceso de potabilización se realice de tal manera que por medio de estos componentes se logre hacer un correcto tratamiento al agua que se capta por medio de este afluente; se revisan los factores de deterioro de la calidad del agua, según (Carranza, 2019) muestras tomadas por la CAR el 9 de Febrero de 2012.

Como alternativa para captación de agua cruda y posterior tratamiento para producción de agua potable, la quebrada campos que a su haber cuenta con el abastecimiento a 5 acueductos rurales para el sector; se plantea para su captación dirigida a abastecer la planta de tratamiento del municipio de Apulo y haga parte del desarrollo de agua potable para el abastecimiento a los habitantes de la cabecera municipal que reciben agua por medio de las redes de acueducto.

Con esta identificación se avanza a reconocer el sitio físico donde hay una conexión con el Rio Calandaima y se puede realizar una inspección visual de la zona donde se proyecta un punto de captación para uso del tratamiento respectivo de potabilización.

Imagen 525. Identificación Quebrada Campos.



Imagen 516. Quebrada Campos a Rio Calandaima. Autor



Siendo la quebrada de difícil acceso en zona de Apulo, para poder tener un acceso optimo es por el sector norte justamente en el municipio de Anapoima, se debe recorrer unos kilómetros más en busca de las veredas que comunican y están aledañas a la quebrada.

La desembocadura de la Quebrada Campos al río Calandaima se da en un sector muy cercano al de Mesa de Yeguas ya que aguas arriba del paso del río Calandaima por el sector Mesa de Yeguas se da la unión del cauce de estos dos afluentes; no es posible determinar visualmente la desembocadura de los dos cauces sin embargo, metros adelante del sector Mesa de Yeguas se encuentra una estación hidrológica satelital a cargo de la CAR, que permite identificar información que resalta las características del sector donde pasa el río Calandaima dado que muy cerca se da la desembocadura de la quebrada campos; esto permitiendo tener un concepto y característica más a la proyección de un punto de capacitación.

Imagen 534. Estación hidrológica satelital. Autor



La estación hidrológica satelital ubicada en la parte alta del paso por puente de la vereda San Antonio por el río Calandaima, cercano al punto de unión hídrica entre Quebrada campos y Río Calandaima.

Imagen 543. Valla informativa estación hidrológica satelital. Autor

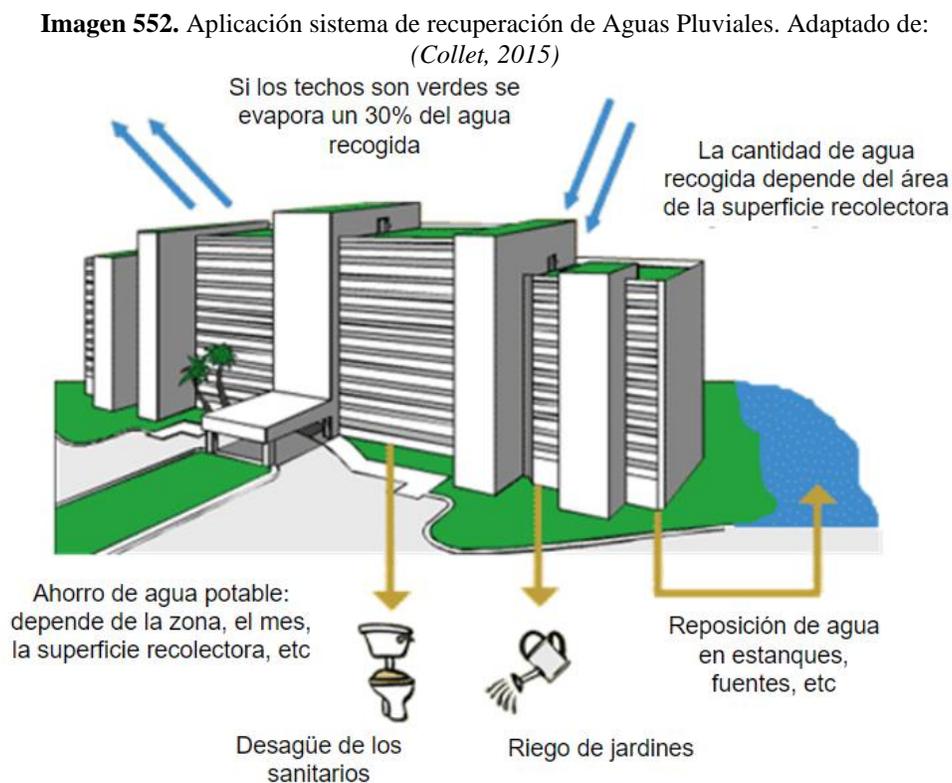


Contemplando las opciones que se presentan en el sector para un punto de captación de agua cruda que permita por medio del tratamiento de potabilización se convierta en un recurso para abastecer de agua a la población de Apulo, Cundinamarca; se toma la Quebrada Campos como proceso facultativo para una captación de agua dado a sus condiciones en su zona media que a través de la creación o implementación de un sistema de recolección y distribución hacia la planta de tratamiento se hace factible debido a ser un punto más cercano con respecto a la ubicación final de la planta, adicionado a que cuenta con el respaldo de cuidado y preservación por parte de la comunidad aledaña al afluente; representando una ejecución que permita no depender solo de la captación del río Calandaima sino agregarle el caudal que ofrece con características revisables la Quebrada Campos en zonas de estudio que permitan un óptimo proceso de potabilización y progresiva distribución a los habitantes apuleños.

7.4 Estrategia directa de abastecimiento y mejoramiento

Como alternativa y estrategia para la reducción del consumo del agua que se distribuye a la población del municipio de Apulo, se genera la implementación de un planteamiento que permita la creación y construcción de sistemas de almacenamiento de aguas pluviales de tal manera que a través de estos se empiecen a utilizar como mecanismos de consumo para actividades secundarias.

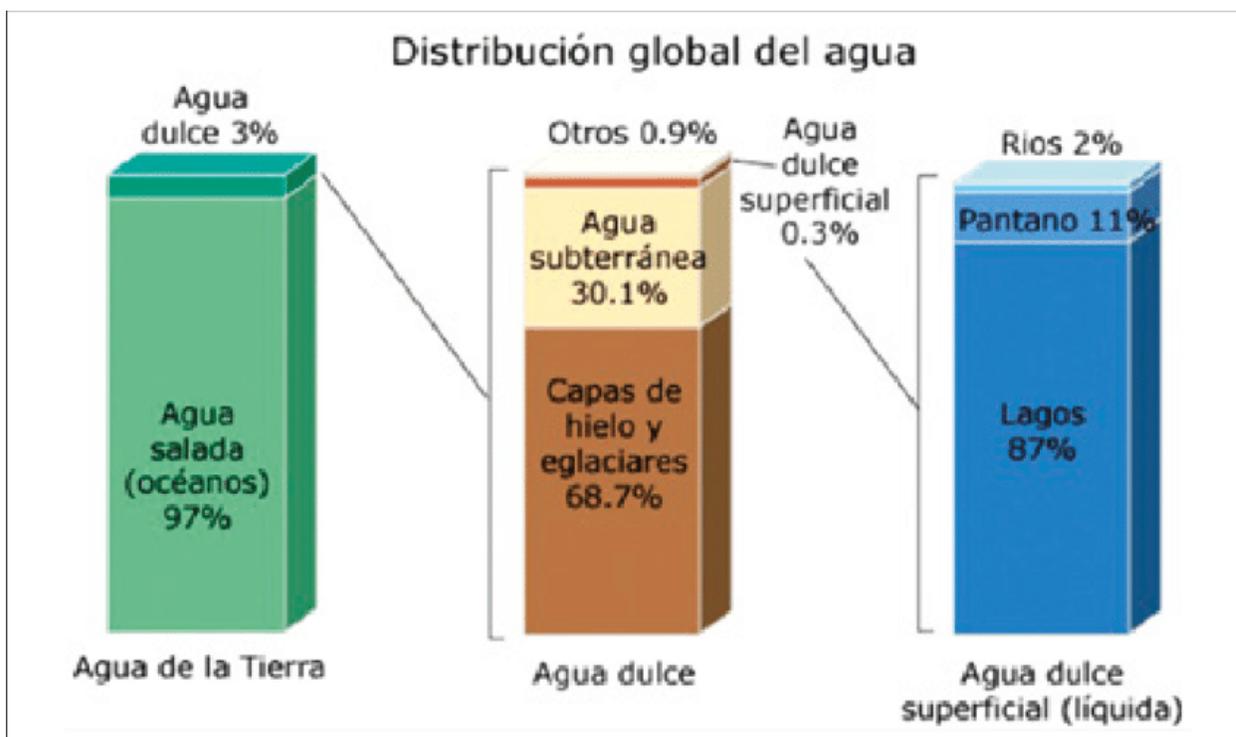
“Según el RAS (título B) el consumo de agua medio por persona en sus actividades cotidianas, es de 150 litros diarios entre lo que se destina al inodoro, el lavado, la limpieza general o el riego, lo que significa que se podría utilizar para todos estos usos el agua de lluvia” (Bernal y Forero, 2017)



Se prevé un sistema de recolección de agua pluviales con el principio básico de que sea utilizada para el consumo de actividades secundarias que para las personas hoy día puede representarse en consumo de agua que reciben del acueducto, generando múltiples afectaciones a los sistemas tanto ambientales como sociales y económicos.

Reconociendo un método y sistema de captación se evalúan todos los componentes que entrar a comprender el funcionamiento y aptitud de trabajo para la recolección de agua pluviales; en principio es muy importante reconocer como se da la distribución de agua en el mundo con el fin de dar valor a un recurso que con el paso del tiempo ha sido catalogado como inagotable pero que en exploración no es de tal magnitud.

Imagen 561. Distribución de Agua en el Planeta. (Melgarejo, 2018)



La tierra es un lugar con mucha agua cerca del 70% de la superficie del planeta está cubierta de agua. El agua también tiene su ciclo y está siempre en constante movimiento el diferente uso que se le da a este recurso modifica o limita la cantidad de agua disponible, en los océanos esta el 97% del agua el 3% restante se encuentra en los ríos, quebradas, lagunas, lagos y acuíferos subterráneos que brotan a la superficie.

“El planeta en la actualidad se encuentra en un desequilibrio entre la demanda de agua dulce que se consume diariamente en las labores cotidianas del ser humano y la oferta existente, como consecuencia a esto han venido disminuyendo considerablemente los recursos naturales afectando los ecosistemas, aumento de enfermedades, deshidratación, entre otras afectando la calidad de vida del ser humano. El 70% de nuestro Planeta Azul está cubierto por agua. Del total de agua, 1.386 millones de kilómetros cúbicos, aproximadamente el 97.5 % es agua salada y sólo el 2.5% es agua dulce. Del agua dulce total un 68.7% está en los glaciares y la nieve. Un 30% del agua dulce está en el suelo. Las fuentes superficiales de agua dulce, como lagos y ríos, solamente corresponden a unos 93.100 kilómetros cúbicos lo que representa un 1/150 del uno por ciento del total del agua y son la principal fuente de agua que nos abastece diariamente” (Barreto Gualteros y Vargas, 2018)

“Es difícil imaginarse cuán alto es el consumo individual, si uno sólo piensa en lo que toma o lo que gasta duchándose o lavando la ropa. Pero hay un uso "escondido": el agua que se necesita para cultivar la comida que comemos y hacer los productos que usamos y consumimos.

El total del requerimiento global de agua al año es de más de cuatro billones de litros al año, y las fuentes naturales del precioso líquido ya no dan abasto.” (BBC Mundo, 2014).

Imagen 569. Consumo en Litros de producción. (BBC Mundo, 2014)



Se muestra cuanta cantidad de agua se requiere para cada producto, productos que son del diario de las personas que si bien los producen también los consumen y los distribuyen a otras personas, sumando el gasto hídrico dado que es en todo el mundo.

Se evidencia que en el mundo cada vez hay menos agua disponible para la gran demanda de recurso hídrico que a diario se utiliza por toda la población, es de gran importancia resaltar que se debe dar el uso adecuado a este recurso y que el agua potable sea solo para el consumo humano. Por otro lado, la implementación de las aguas pluviales se ven muy a favor para hacer el aprovechamiento y realizar actividades de riego, hogar, lavados entre otros y hacer el aporte ambiental que el mundo necesita.

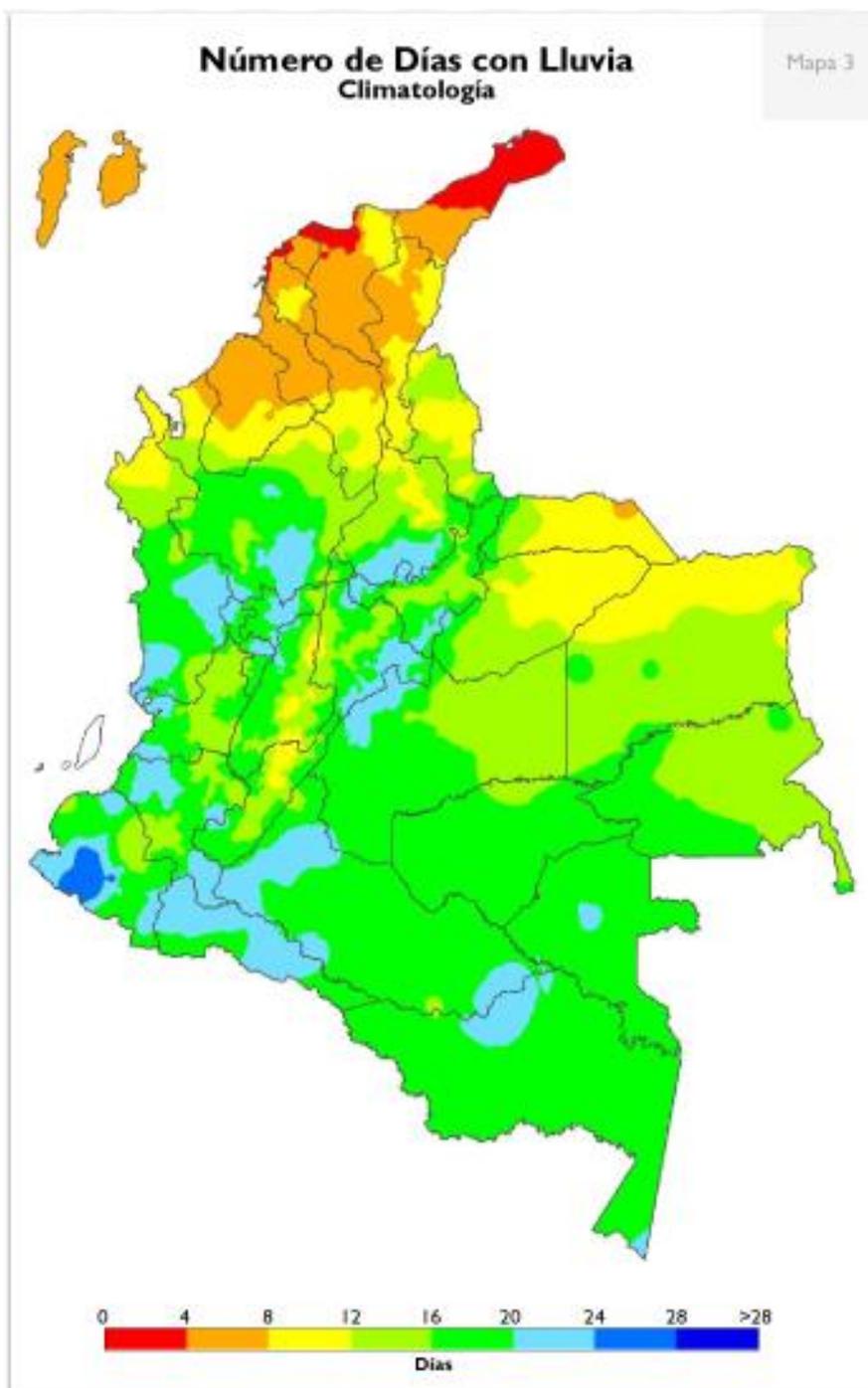
La viabilidad en la recolección de agua lluvias se hace notoria debido a los comportamientos climatológicos del municipio de Apulo, “los veranos son cortos, muy caliente y húmedo; los inviernos son cortos, caliente, bochornosos y mojados y está nublado durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 22 °C a 33 °C y rara vez baja a menos de 20 °C o sube a más de 36 °C.” (Weather Spark, 2016)

La temperatura se hace un componente importante dado que en algunos tiempos anuales es variable, solo en unos meses del año representan altas temperaturas, esto gracias a que la ubicación geográfica del municipio hace posible que los meses restantes no sean tan calurosos como en otras circunstancias.

“La temporada calurosa dura 2,0 meses, del 13 de enero al 12 de marzo, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 32 °C. El día más caluroso del año es el 4 de febrero, con una temperatura máxima promedio de 33 °C y una temperatura mínima promedio de 22 °C.

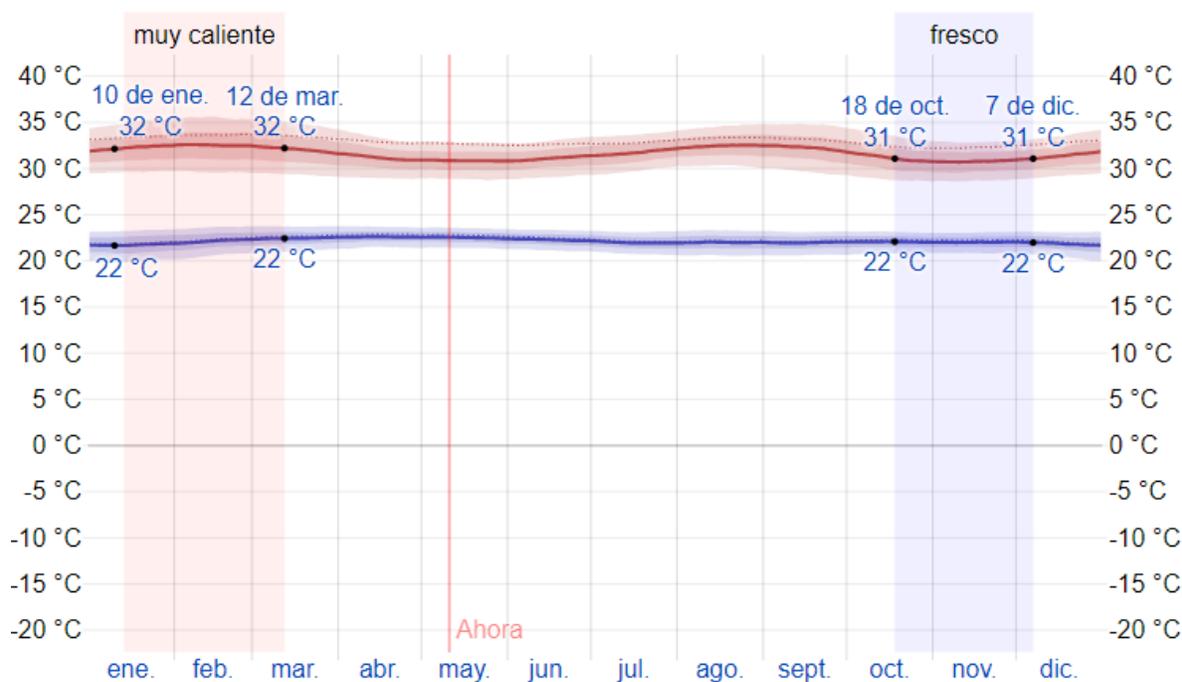
La temporada fresca dura 1,6 meses, del 18 de octubre al 7 de diciembre, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 31 °C. El día más frío del año es el 10 de enero, con una temperatura mínima promedio de 22 °C y máxima promedio de 32 °C.” (Weather Spark, 2016)

Imagen 573. Número de Días con Lluvia. (IDEAM,2021)



Las lluvias calculadas mensuales por los sistemas del IDEAM permiten dar cabida a los ideales de precipitación que se desean analizar en el desarrollo de las proyecciones para la implementación de los sistemas de recolección de aguas pluviales evaluando su viabilidad.

Grafica 204. Temperatura máxima y mínima promedio. Adaptado de: (Weather Spark, 2016)

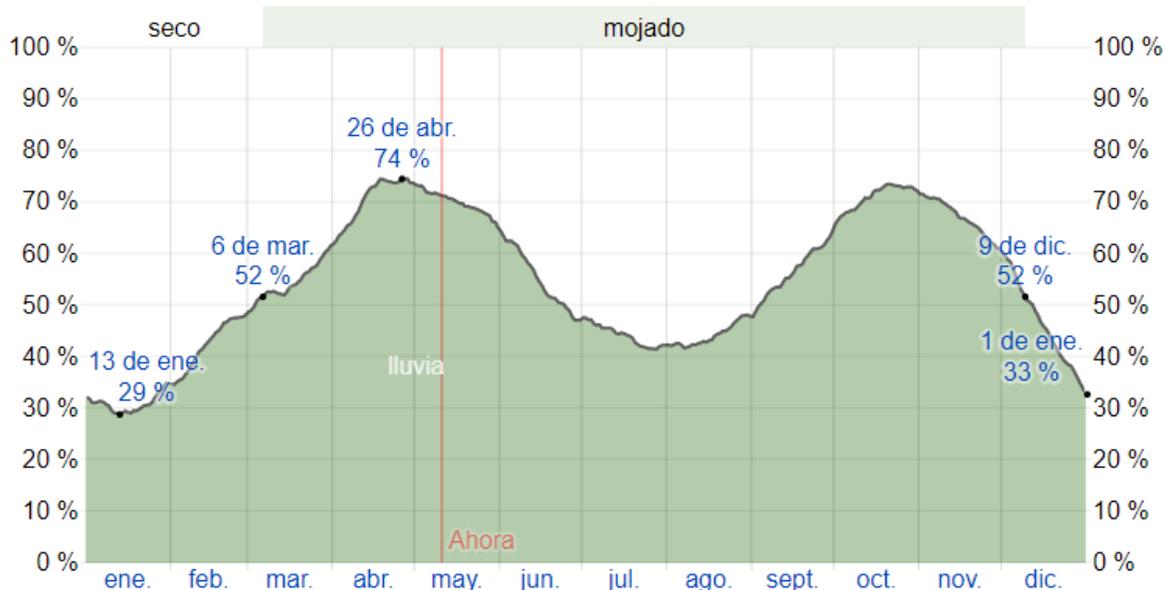


“La temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul) promedio diario con las bandas de los percentiles 25° a 75°, y 10° a 90°. Las líneas delgadas punteadas son las temperaturas promedio percibidas correspondientes.” (Weather Spark, 2016)

En la precipitación el municipio presenta luvias no constantes debido a sus condiciones ambientales, su punto de ubicación lo hace de que la probabilidad de días mojados en Apulo varíe considerablemente durante el año.

“La temporada más mojada dura 9,1 meses, de 6 de marzo a 9 de diciembre, con una probabilidad de más del 52 % de que cierto día será un día mojado. La probabilidad máxima de un día mojado es del 74 % el 26 de abril. La temporada más seca dura 2,9 meses, del 9 de diciembre al 6 de marzo. La probabilidad mínima de un día mojado es del 29 % el 13 de enero” (Weather Spark, 2016)

Grafica 213. Probabilidad diaria de precipitación. Adaptado de: (*Weather Spark, 2016*)



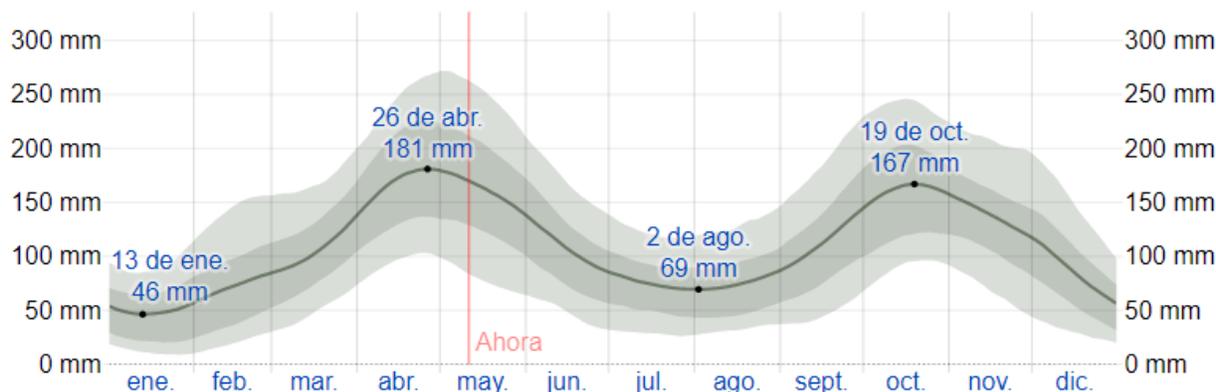
Es de vital importancia tener en cuenta que la lluvia es un fenómeno natural que hace parte del ciclo del agua, se hace vital su presencia para la vida de cualquier tipo; sin ella o las precipitaciones el ciclo del agua se vería interrumpido y la vida y desarrollo en el planeta no sería la misma ya que los suelos no serían regados, no podría crecer crecería la vegetación y la cadena alimenticia no se reproduciría en su normalidad.

Las variaciones de lluvia que se presentan en el municipio de Apulo son siempre muy distintas en algunos meses del año se presentan grandes y torrenciales lluvias, sim embargo también hay meses que ni una sola gota cae del cielo.

“Para mostrar la variación durante un mes y no solamente los totales mensuales, mostramos la precipitación de lluvia acumulada durante un período móvil de 31 días centrado alrededor de cada día del año. Apulo tiene una variación *extremada* de lluvia mensual por estación. Lluvia durante el año en Apulo. La *mayoría de la lluvia* cae durante los 31 días centrados alrededor del *26 de abril*, con una acumulación total promedio de *181 milímetros*. La

fecha aproximada con *la menor cantidad de lluvia* es el *13 de enero*, con una acumulación total promedio de *46 milímetros*” (Weather Spark, 2016)

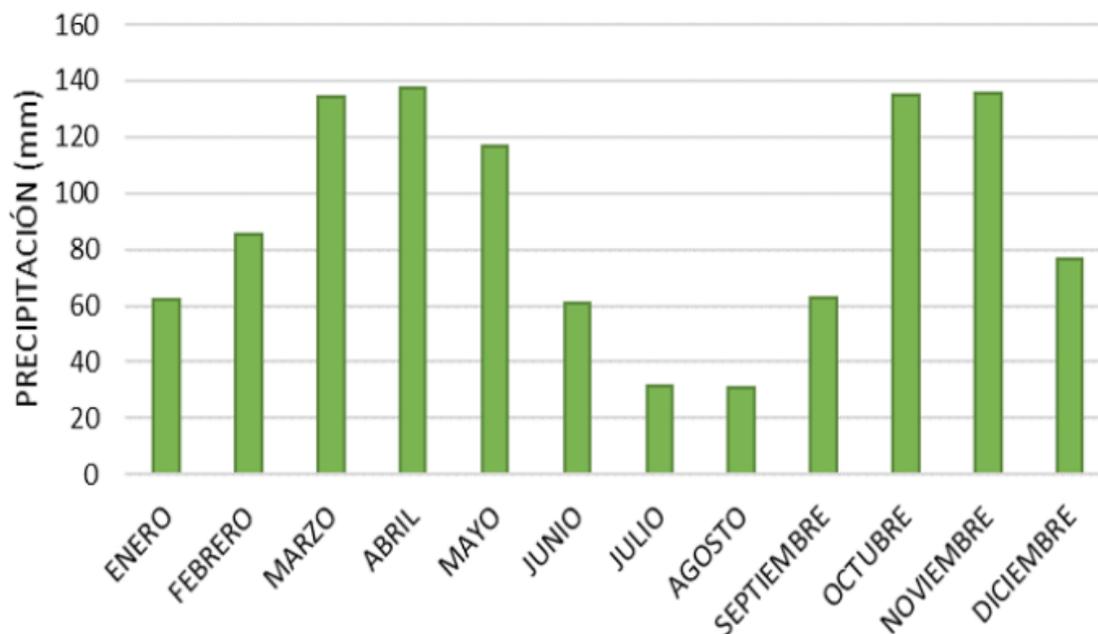
Grafica 221. Precipitación de lluvia mensual promedio. Adaptado de: (Weather Spark, 2016)



Por medio de los análisis realizados a la población se logra determinar que un gran porcentaje de los habitantes no poseen almacenamiento de agua lluvias en sus hogares, si se proyectara que las personas aprovechen las aguas pluviales la población obtendría muchas ventajas almacenando agua para un momento de escasez y que el agua potable sea solo para consumo y las de lluvia para la utilización doméstica y demás labores.

“De acuerdo con la metodología establecida para el cálculo de la precipitación anual y el análisis realizado en 2018, se evidenció que Socotá posee una precipitación entre 1.101 y 1.156 mm/año, De acuerdo con la estación más cercana a la vereda (esc Samper Madrid), la precipitación a lo largo del año muestra un comportamiento bimodal que exhibe un máximo de precipitación en marzo, abril, octubre y noviembre y un mínimo en julio y agosto, donde la precipitación no sobrepasa 40 mm” (Jaime Martinez y Torres, 2020)

Grafica 26. Comportamiento Anual de precipitación en Apulo. Adaptado de: (Jaime Martinez y Torres, 2020)

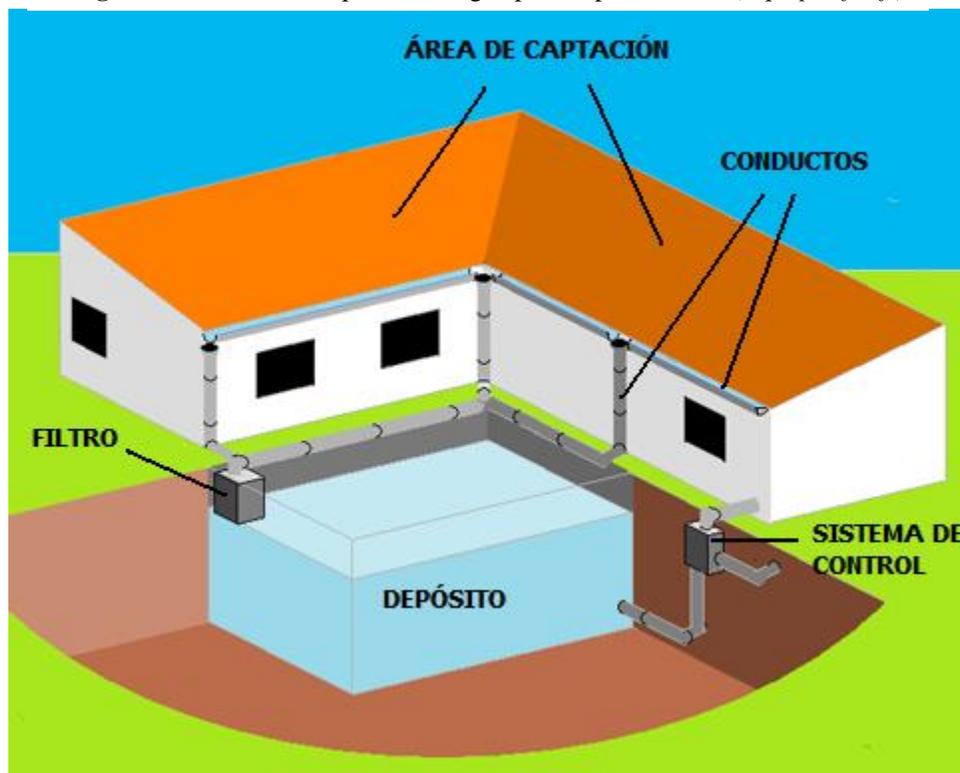


Entre las características marcadas dentro del concepto de la proyección de sistemas de recolección de aguas pluviales evaluando viabilidad y estudios de precipitación que permitan identificar datos y aspectos que se pueden implementar para lograr un alcance máximo con los sistemas de recolección como fuente alternativa de uso.

7.4.1 Métodos de recolección agua pluvial

Existen algunos métodos de recolección de las aguas lluvias uno de ellos es el sistema por bombeo este método de recolección del líquido requiere un procedimiento mecánico el cual el agua para ser distribuida debe ser impulsada por motobomba o por un presurizador estos últimos dos mencionados son gran importancia para el aprovechamiento del agua. Por la utilización de estos equipos se generan unos costos en la compra de los mismos seguido de que estos necesitan electricidad o combustibles para realizar el funcionamiento requerido lo que hace que se eleven los valores de consumo utilizando este sistema.

Imagen 580. Sistema de captación de agua pluvial por bombeo. (Aquapurif, s.f.)



“Recoger el agua de lluvia supone utilizar el espacio de los tejados y cubiertas de un edificio para captar el agua que precipita desde el cielo. Esta agua será canalizada, filtrada y almacenada en un gran depósito o aljibe para su posterior uso cuando sea necesario” (Aquapurif, s.f.)

Desarrollar un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias como alternativa para usos no potables (sanitarios, riego de jardines, lavado de patios y áreas comunes, entre otros).

Es aconsejable para la población de Apulo Cundinamarca Proponer un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias por gravedad debido a que este sistema se maneja a un muy bajo costo a comparación del otro sistema el de bombeo que si se necesita hacer mucha más inversión en las maquinas eléctricas y la energía o combustible que estas consuman , el sistema por gravedad es fácil de implementar y el mantenimiento que se le hace es lavar canales de

recolección que es algo sencillo, esta idea a su vez funciona como alternativa para el ahorro de agua potable y a la disminución de los gastos que eventualmente se tiene en los hogares por el consumo y de este modo realizar un uso un uso eficiente del recurso hídrico.

Imagen 588. – Sistema de captación de agua pluvial por gravedad. (*AvatarEnergia, s.f.*)



“Para entender porque es importante la recolección de agua de lluvia, primero debemos saber que la escasez de uno de nuestros recursos más valiosos e importantes, el agua, está empezando a causar preocupación en todo el mundo. Se estima que para 2030 la demanda superará la oferta en casi un 40%, lo que significa que todos tenemos que hacer nuestro gran esfuerzo para conservar la cantidad que utilizamos” (*AvatarEnergia, s.f.*)

“En la actualidad, el agua cobra cada día un valor mayor, pues las fuentes de abastecimiento son cada vez más reducidas y con un recurso de menor calidad en especial en las captaciones superficiales, lo cual ha obligado a los acueductos municipales a abastecerse en muchas ocasiones de pozos profundos para obtener un agua de mejor calidad y cantidad, con unos sobre costos de bombeo” (*Reyes y Rubio, 2014*).

La captación y aprovechamiento de las aguas lluvias es una técnica de la ingeniería que como tal tiene sus ventajas y desventajas; entre razones expuestas anteriormente existen ciertos beneficios complementarios que se perciben por almacenar agua lluvia, según (Palacio, 2010) algunos beneficios son:

- ✚ Algunos sistemas no requieren de energía para operar.
- ✚ El agua lluvia es gratis, los únicos costos son los de recolección, almacenamiento y distribución.
- ✚ Alta calidad físico-química del agua lluvia
- ✚ Facilidad en la construcción pues se pueden utilizar materiales de la zona, además implica bajas frecuencias de mantenimiento.
- ✚ El uso final del agua recolectada está situado cerca de la fuente, eliminando la necesidad de sistemas de distribución complejos y costosos.
- ✚ El agua lluvia no entra en contacto con el suelo y las rocas donde se disuelven las sales y minerales, por lo tanto, es suave y puede reducir significativamente la cantidad de jabones y detergentes para la limpieza.
- ✚ Se reduce en cierta medida las inundaciones y la erosión.
- ✚ El agua lluvia es ideal para la irrigación de los jardines y cultivos.
- ✚ Al recolectarse el agua lluvia, se reduce el caudal del alcantarillado pluvial, evitando así el ingreso de altos volúmenes a los sistemas de tratamiento de agua.
- ✚ La recolección y utilización del agua lluvia reduce los costos pagados a las empresas prestadoras del servicio debido a la disminución de los consumos de agua potable.
- ✚ Es una tecnología que se está utilizando por ser económica, social y ambientalmente aceptable.

Las principales desventajas que presenta la utilización de las aguas lluvias son:

- ✚ El agua captada depende de la precipitación del lugar, la cual puede ser incierta, especialmente por las transformaciones de los ecosistemas naturales, debido en parte, al cambio climático.
- ✚ Los altos costos iniciales de construcción del sistema (especialmente del tanque de almacenamiento), lo que puede volverlo inaccesible para algunas poblaciones.

La recolección de aguas lluvias son una buena estrategia para la problemática actual en Apulo Cundinamarca se debería hacer la implementación en todas las casas del municipio para de este modo las personas se suplan de esta agua que es gratuita para los usos no consumibles y es aprovechable con el fin de poder ser utilizada para las actividades secundarias manteniendo una diligencia con el agua que es distribuida a través del acueducto reduciendo el impacto de desabastecimiento en la población.

8. Conclusiones

De acuerdo al proceso investigativo de analiza que en el punto de captación ubicado en el Rio Calandaima, municipio de Viotá, al presentarse bajo flujo de caudal se requieren realizar trabajos de desviación y corrección de dirección del cauce por medio de piedras para que pueda ingresar a la bocatoma que se encuentra ubicada lateralmente al rio, esto dado que el punto de captación en épocas de verano, no logra adquirir un suficiente flujo debido a que se encuentra sobre el nivel del mismo; adicional a esto la rejilla de filtración ya no se encuentra allí presente por lo tanto, permite el paso de objetos o materiales flotantes que se ingresan a la tubería de conducción y pueden causar taponamiento y obstrucción de las tuberías.

En concepto en el tanque desarenador se presenta exposición en algunos sectores de la tubería que conduce desde la bocatoma a este; en el tanque se presenta fallo estructural en un costado lateral y presenta capa vegetal en sus paredes internas; no cuenta con encerramiento o protección que lo haga exento de inclusión de objetos o animales.

La planta de tratamiento presenta características de seguridad baja dado que el ingreso no es controlado y las estructuras que hacen parte de esta se encuentran en exposición sin la vigilancia o inspección, que pueda evitar anomalías entre la planta y sus instalaciones; las instalaciones de los laboratorios presentan deficiencias estructurales, humedad y puertas de seguridad en estado de oxidación, así mismo como los componentes de floculador, sedimentador y filtración presentan características de deterioro y desgaste.

La calidad del agua de la cual se abastece el municipio según en INS por medio del Sivicap presenta un nivel de riesgo que no es permitido ni apto según la normatividad para el consumo; aun así, se presentan cobros por parte del acueducto que a referencias de la comunidad

son altos en vista del servicio de agua que reciben; adicionando que se debe racionar el agua por días para el abastecimiento de los habitantes.

La planta carece de mantenimiento e intervención por parte del ente administrativo, los deterioros y usos que se le están brindando no permiten que se produzca un tratamiento optimo al agua que se les abastece a los habitantes, esto referenciando los datos del IRCA analizados en el proceso investigativo que datan de un nivel de riesgo Medio, catalogado para no ser un agua apta para el consumo, afectación que se hace manifiesta en los pobladores del municipio.

Se plantea un afluente alternativo de captación de agua cruda, la quebrada campos presenta trabajos de intervención de preservación y cuidado por parte de las comunidades aledañas, además, se encuentra en cercanías a la ubicación de la planta de tratamiento con la proyección dada que al ser una microcuenca del rio Calandaima y estudiada por la CAR representa valores y características que permiten que a través de un correcto tratamiento pueda ser distribuida a los habitantes del municipio de Apulo.

Como fuente de uso se proyecta y se expone un proceso de creación e implementación de sistemas de almacenamiento de aguas lluvias, evaluando el impacto ambiental, social y económico que representa para los habitantes del municipio; en su mayoría no poseen este método; esta proyección se realizó estudiando los parámetros climatológicos del municipio, así como el concepto económico y estratégico por medio del cual es asequible que se desarrolle en los hogares apuleños; contribuyendo a un progreso y mejora en el abastecimiento y aprovechamiento del recurso hídrico por parte de los habitantes.

9. Recomendaciones

Realizada la evaluación y diagnóstico del proceso de captación, aducción y conducción del agua captada del Rio Calandaima, se recomienda la intervención y rediseño de la bocatoma que recibe el agua para su posterior tránsito hacia las demás estructuras; dado que en épocas de bajo caudal no alcanza a percibir un caudal considerable que permita un flujo de agua constante; así mismo la instalación de una nueva rejilla de filtración que evite y retenga los objetos y elementos que puedan provocar taponamiento y obstrucción en las tuberías que conducen el agua.

Actualmente el tanque desarenador se encuentra expuesto a agentes externos que pueden hacer intervención en su trabajo y provocar una contaminación influyente en los procesos de purificación del agua; se recomienda hacer un control y mejorar las condiciones del entorno donde está participando el tanque desarenador, como la construcción o instalación de un encerramiento que aisle todo tipo de componentes que puedan afectar el correcto desarrollo y trabajo que cumple este en el proceso de tratamiento del agua.

La planta de tratamiento trabaja con un proceso convencional de potabilización, proceso que se ve afectado por las características físicas de las estructuras que hacen parte de esta, se recomienda el mejoramiento y restablecimiento de las estructuras en estado de desgaste como lo son las unidades de filtración; el sedimentador que sea de mantenimiento periódico dado que a la antigüedad del mismo presenta componentes biológicos y erosión en su estructura; esto con el fin de hacer un mejoramiento para el correcto tratamiento del agua que se potabiliza para posterior distribución a los habitantes del municipio, buscando alcanzar el nivel de riesgo que permita que el agua administrada por el acueducto sea apta para el consumo como indica la normatividad colombiana.

El desarrollo de un punto de captación alternativo y complementario al que ya existe, determinando y analizando la viabilidad en la creación de un aspecto que permita la conducción desde este afluente para su posterior tratamiento, teniendo en cuenta que presenta características variadas esta microcuenca que cuenta con configuraciones físicas y ambientales que la hacen un afluente de caudales considerables, además de contar con trabajos de preservación y cuidado ambiental que reducen el impacto provocado por las personas que alteraban las condiciones de la microcuenca, se recomienda la quebrada campos como fuente de alternativa para aumento de la captación de agua cruda para su consiguiente tratamiento.

En los estudios y análisis realizados la población no cuenta con sistemas de recolección de aguas lluvias, generando que se use el agua distribuida por medio del acueducto un uso general tanto personal como secundario; se recomienda la implementación de sistemas de recolección de aguas pluviales con características que permiten un desarrollo social, económico y ambiental para el municipio de Apulo; considerando que estas aguas pluviales sean utilizadas para actividades secundarias como riego, aseo, descargas sanitarias, etc. Así preservando el agua que se asigna por medio del acueducto para uso personal y prioritario sin necesidad de aumentar el gasto en otras actividades que se pueden suplir gracias a un sistema alternativo de aguas pluviales; resaltando de las altas condiciones de alcance para el desarrollo de estos sistemas gracias a componentes de fácil acceso como lo es el factor económico y de instalación final.

Referencias

- Acueducto Bogota. (2006). *PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO*. Bogota: Empresa de ACUEDUCTO y ALCANTARILLADO de BOGOTA.
- Arias Ricardo (2021). *HABITANTE MUNICIPIO DE APULO*. Entrevistado por los investigadores
- Alcaldía de Anapoima. (2019). *Alcaldía de Anapoima*. Obtenido de Alcaldía de Anapoima: <https://www.anapoima-cundinamarca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Sitios-de-Interes.aspx>
- Aquapurif. (s.f.). *Aquapurif Tratamientos de Agua*. Obtenido de Aquapurif Tratamientos de Agua: <https://aquapurif.es/las-aguas-pluviales-para-el-uso-domestico/>
- AvatarEnergia. (s.f.). *AvatarEnergia.com*. Obtenido de AvatarEnergia.com: <https://avatarenergia.com/recoleccion-de-agua-de-lluvia/>
- Barreto Gualteros y Vargas. (2018). *DISEÑO DE SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS PARA EL ABASTECIMIENTO TOTAL DE LA FINCA AGROTURÍSTICA MESOPOTAMIA FINCA HOTEL UBICADA EN LA VEREDA CANEY BAJO EN EL KM 14 VÍA VILLAVICENCIO - CUMARAL*. Villavicencio: Uni Cooperativa.
- BBC Mundo. (24 de Agosto de 2014). *BBC News*. Obtenido de BBC News: https://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/08/140821_tierra_agua_escasez_finde_dv
- Becerra y Alvarado. (2018). *DIAGNÓSTICO Y OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE APULO EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA*. BogotaD.C: Repositorio U Catolica. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/16519/1/PROYECTO%20APULO.pdf>
- Bernal y Forero. (2017). *PROPUESTA PARA LA CAPTACIÓN Y USO DE AGUA LLUVIA EN LAS INSTALACIONES DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA A PARTIR DE UN MODELO FÍSICO DE RECOLECCIÓN DE AGUA*. Bogota: U. Catolica.
- Carranza, J. (2019). *PLAN DE RESTAURACIÓN AMBIENTAL, DE LA MICRO CUENCA QUEBRADA CAMPOS EN EL MUNICIPIO DE ANAPOIMA –CUNDINAMARCA*. Girardot: UniPiloto.
- Collet, L. (2015). *SlidePlayer RECUPERACIÓN DE LAS AGUAS DE LLUVIA*. Obtenido de SlidePlayer RECUPERACIÓN DE LAS AGUAS DE LLUVIA: <http://slideplayer.es/slide/2980682/>
- ColombiaAprende. (s.f.). *Curriculos Exploratorios*. Obtenido de Curriculos Exploratorios: http://aprende.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/naspublic/curriculos_ex/n2g10_cien_amb/nivel2/ciencias/unidad2/leccion1.html#:~:text=Los%20recursos%20naturales%20son%20a%20quellos,indirecta%20en%20forma%20de%20servicios
- Duran y Torres. (2005). *Los problemas del abastecimiento de agua potable en una ciudad media*. Guadalajara: Scielo.

- Forero, G. (2017). *Análisis hidrológico de la cuenca del río Calandaima y modelamiento hidráulico para el sistema de suministro de agua para la vereda San Antonio en Apulo Cundinamarca*. Bogotá D.C.: Dialnet.
- Fundación Lazos del Calandaima. (2021). *Fundación Lazos del Calandaima*. Obtenido de Fundación Lazos del Calandaima: <https://www.lazosdelcalandaima.com.co/proyectos/>
- García. (2017). *Repositorio U Distrital*. Obtenido de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/5393/1/MayenPaolaGarciaRivas2017.pdf>
- Hidrografías. (2011). *Universidad La Rioja*.
- IDEAM. (2018). *Mongabay*. Obtenido de <https://es.mongabay.com/2019/03/colombia-estudio-nacional-agua-ideam/#:~:text=La%20demanda%20de%20agua%20en,37%20308%20millones%20en%202018.&text=En%20%C3%A9l%20se%20analizan%20temas,la%20calidad%20del%20recurso%20h%C3%ADrico>.
- INS. (s.f.). *Instituto Nacional de Salud*. Obtenido de SIVICAP: <https://www.ins.gov.co/sivicap/paginas/sivicap.aspx>
- INS SIVICAP. (2020). *SIVILAB INS*. Obtenido de SIVILAB INS: <https://sivilab.ins.gov.co/SIVILAB/ReportesCG/ReportesSIVICAP?menuId=228>
- Jaime Martínez y Torres. (2020). *Análisis de viabilidad y diseño para el abastecimiento de agua potable en la vereda Socotá del municipio de Apulo (Cundinamarca, Colombia)*. MUTIS UTADÉO.
- Jaime, M. T. (2020). *Revistas U Tadeo*. Obtenido de <https://revistas.utadeo.edu.co/index.php/mutis/article/view/1604/1579>
- Jumapam. (s.f.). *Jumapam.gob.mx*. Obtenido de Jumapam.gob.mx: <http://jumapam.gob.mx/cultura-del-agua/distribucion-de-agua-en-el-planeta/#:~:text=El%2097.5%25%20del%20agua%20en,encuentra%20en%20un%20estado%20s%C3%B3lido>.
- MapCarta. (s.f.). *MAPCARTA*. Obtenido de MAPCARTA: <https://mapcarta.com/es/29491472>
- Melgarejo, J. (2018). *ResearchGate*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-representacion-simple-de-la-distribucion-del-agua-en-el-planeta-Fuente_fig5_334233850
- Mendez, L. (2014). *ALTERNATIVAS DE ABASTECIMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO CALANDAIMA EN CUNDINAMARCA-COLOMBIA*. Bogotá: Repositorio U. Militar.
- MinAmbiente. (2007). *Resolución 2115 de 2007*.
- Naciones Unidas ONU. (2017). *Programa de las Naciones Unidas*. Obtenido de <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-6-clean-water-and-sanitation.html>

- Orarbo. (1 de 1 de 2013). *Observatorio Regional Ambiental y de Desarrollo Sostenible del Río Bogotá*.
Obtenido de <https://www.orarbo.gov.co/es/casos-de-conflicto/problematika-del-rio-apulo>
- Palacio, N. (2010). *PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA, COMO ALTERNATIVA PARA EL AHORRO DE AGUA POTABLE, EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MARÍA AUXILIADORA DE CALDAS, ANTIOQUIA*. Medellín : U de Antioquia.
- RAS 2000 MinVivienda. (2010). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS*. República de Colombia: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.
- Reyes y Rubio. (2014). *DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS*. Bogotá: U. Católica.
- Varela. (2018). *Repositorio U Católica*. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/16780/1/Trabajo%20de%20grado%20%28Apulo%29%20final.pdf>
- Weather Spark. (2016). *Weather Spark.Com*. Obtenido de Weather Spark.Com:
<https://es.weatherspark.com/y/23351/Clima-promedio-en-Apulo-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o#:~:text=Llueve%20durante%20el%20a%C3%B1o%20en,total%20promedio%20de%2046%20mil%20ADmetros>.

Anexos**Anexo 7.** Carta Radicada a EMPOAPULO S.A E.S.P. Autor

Apulo, 17 Marzo 2021

Respetados Señores
EMPOAPULO S.A E.S.P

EMPOAPULO S.A. E.S.P.
APULO CUNDINAMARCA
CORRESPONDENCIA RECIBIDA

FECHA: 17 MARZO/2021
HORA: 10: 57 AM
FIRMA: JACQUELINE G.

La presente es con el fin de solicitar permiso y autorización para el ingreso y visita a las instalaciones de la planta de tratamiento del municipio, con la finalidad de documentar la información para nuestro trabajo de grado para aspirar al título de Ingeniero Civil, siendo nosotros estudiantes de último semestre de dicho programa de la Corporación Universitaria Minuto de Dios CR Girardot, dicho trabajo se basa en relacionar los factores de la potabilización del agua y conocer el manejo que se le da al recurso hídrico para el abastecimiento del municipio.

Agradecemos su colaboración prestada y pronta respuesta.

Atentamente

JOSÉ ANTONIO ROJAS LOZANO
JOSÉ ANTONIO ROJAS LOZANO
CC. 1010020390 de Girardot
Tel. 3157727432 - 3204313044

OSCAR ANDRÉS RODRÍGUEZ JIMÉNEZ
OSCAR ANDRÉS RODRÍGUEZ JIMÉNEZ
CC. 1106893805 de Melgar
Tel. 3108118968

Anexo 16. Encuesta aplicada en el municipio de Apulo, Cundinamarca (1-10). Autor

UNIMINUTO
 Corporación Universitaria Minuto de Dios
 Educación de calidad al alcance de todos

CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS
CR GIRARDOT – PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

ENCUESTA RECONOCIMIENTO RECURSO HÍDRICO MUNICIPIO DE APULO

1. De 1 a 10 como califica usted el agua del Municipio de Apulo, siendo 1 el más bajo y 10 el más alto.

2. Cree usted que en Apulo hay falta de interés de la administración municipal para el tema del agua potable.
 A. SI
 B. NO
3. ¿Se puede beber el agua que sale directamente de la llave?
 A. SI
 B. NO
4. ¿Cree usted que en el municipio de Apulo se le da un debido proceso de potabilización al agua?
 A. SI
 B. NO
5. ¿Sabe usted de donde proviene el agua que bebe?
 A. SI
 B. NO
6. ¿Sufre de desabastecimiento de agua o la reducción de esta continuamente en su vivienda?
 A. SI
 B. NO
7. El agua que recibe en su vivienda tiene características como mal olor, turbiedad, mal sabor, que no le permite ser consumida.
 A. SI
 B. NO
8. Los ríos o cuencas cercanos al municipio de Apulo de donde se puede captar agua para su distribución en las viviendas se encuentran en buen estado de limpieza o aptos para algunas actividades.
 A. SI
 B. NO
9. Cree usted que la empresa de Acueducto del municipio brinda un buen servicio de abastecimiento de agua potable.
 A. SI
 B. NO
10. ¿Los cobros por concepto de agua son elevados?
 A. SI
 B. NO
11. En épocas de verano sufre de desabastecimiento de agua en su vivienda.
 A. SI
 B. NO

Anexo 24. Encuesta aplicada en el municipio de Apulo, Cundinamarca (11-20). Autor

 **UNIMINUTO**
Corporación Universitaria Minuto de Dios
Educación de calidad al alcance de todos

12. Utiliza usted el agua potable para algunas actividades tales como: riego, aseo, lavar vehículos, etc.

A. SI
B. NO

13. ¿Cuenta usted con tanques de almacenamiento de aguas lluvias?

A. SI
B. NO

14. Se realizan jornadas o campañas de conciencia ambiental y cuidado del agua en el municipio

A. SI
B. NO

15. Cree usted que es suficiente el sistema de abastecimiento de agua para suplir toda la población del municipio

A. SI
B. NO

16. En su vivienda gasta más agua por conceptos de uso personal y familiar, como cocinar, lavar, duchas y lavamanos, etc.

A. SI
B. NO

17. En épocas de turismo, ferias y fiestas, presenta reducción en el abastecimiento de agua durante ese tiempo

A. SI
B. NO

18. Conoce usted el proceso de potabilización del agua

A. SI
B. NO

19. Calcula usted cuanta agua va a consumir en un mes

A. SI
B. NO

20. Ha sufrido enfermedades o malestares por consumo del agua que recibe en su vivienda

A. SI
B. NO