

**Análisis prospectivo para incentivar el ahorro y uso eficiente del agua en el
Tecnoparque Agroecológico Yamboro**



Deya Maritza Cortes Enríquez

Universidad de Manizales

Facultad de ciencias contables, económicas y administrativas

Maestría en desarrollo sostenible y medio ambiente

2020

**Estrategias para incentivar el ahorro y uso eficiente del agua en el Tecnoparque
Agroecológico Yamboró**



Deya Maritza Cortes Enríquez

**Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente**

Asesor:

Ph.D. Rogelio Pineda Murillo

Profesor asociado Universidad de Manizales

Universidad de Manizales

Facultad de ciencias contables, económicas y Administrativas

Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

2020

Agradecimientos

A Dios por darme siempre la disciplina para el logro de mis metas y encontrar en todo momento los conocimientos apropiados para el desarrollo de mi investigación.

A mi familia por ser mi principal apoyo en cada meta que me propongo, por su amor incondicional y ser mi mayor fortaleza para el logro de mis metas.

Especial agradecimiento al SENA, en especial al Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano y a todo el personal y aprendices del centro de formación sede Tecnoparque Agroecológico Yamboró, por su disposición y colaboración en mi crecimiento profesional y personal y por brindar la información necesaria para la investigación.

Por último, agradezco el apoyo e interés de mi director de investigación Rogelio Pineda, quien me brindó todas las orientaciones necesarias para el logro de los objetivos de la investigación.

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Manizales, 20 de agosto de 2020

Contenido

Resumen.....	11
Abstract.....	11
Introducción	13
1. Objetivos.....	15
1.1. Objetivo general	15
1.2. Objetivos específicos.....	15
2. Supuesto de investigación o hipótesis	16
3. Planteamiento del problema	17
4. Justificación.....	21
5. Marco teórico.....	22
6. Antecedentes.....	28
7. Marco legal	30
8. Metodología.....	34
8.1 Tipo de investigación	34
8.2 Diseño metodológico.....	34
6.2.1 Etapa Preliminar.	34
En la etapa de apostamiento se afrontan los siguientes temas:	34
8.2.2 Determinación de calidad y cantidad de agua de la fuente abastecedora.	36
8.2.3 Descripción general de la sede Yamboró y prestador del servicio de acueducto.	39
8.2.4 Diagnóstico del estado actual de la prestación del servicio.....	40
8.2.5 Definición de Escenarios de cambio climático.....	40
8.2.6 Formulación de medidas de gestión de ahorro y uso eficiente del agua y modelo de gestión de gobernanza de agua.	41
8.3 Diseño de instrumentos	41
8.4 Etapas de campo.....	43
8.4.1 Determinación de la muestra.	43
8.5 Procesamiento y Sistematización de Información	44
9. Resultados y discusión.....	46
9.1 Diagnostico sistema de acueducto.....	46
9.1.1 Área de estudio.	46
9.1.2 Caudal fuente abastecedora acueducto Yamboró.	47
9.1.3 Calidad de agua fuente abastecedora.....	48

9.1.4 Componentes sistema de acueducto Yamboró.	49
9.1.5 Consumo de agua potable.....	57
9.1.6 Instalaciones hidrosanitarias centro de formación, Tecnoparque Agroecológico Yamboró.	61
9.1.7 Capacidad de almacenamiento de agua.	62
9.1.7 Percepción de la comunidad educativa sobre aspectos de ahorro y uso eficiente de agua.....	63
9.2 Escenarios de cambio climático: tendencial, posible e ideal entorno al ahorro y uso eficiente del agua.....	67
9.2.1 Comportamiento de las variables climáticas.	67
9.2.2 Definición de los escenarios de cambio climático.....	77
9.3 Modelo de gestión para gobernanza del agua de acuerdo a las medidas de manejo enfocadas en el ahorro y uso eficiente del recurso hídrico	91
9.3.1 Relación entre los actores involucrados en la gestión del recurso hídrico en la zona de estudio.....	91
9.3.2 Formulación medidas de gestión para el uso eficiente y ahorro del agua.....	100
9.3.3 Modelo de Gestión para la gobernanza del agua.....	109
10. Conclusiones	113
11. Recomendaciones	116
Referencias.....	117
Anexos	124

Lista de tablas

Tabla 1. Marco legal Ahorro y uso eficiente de agua	30
Tabla 2. Factores de material de fondo del canal.....	38
Tabla 3. Factores de ponderación NSF	39
Tabla 4. Rango para establecer la calidad del agua según NSF.....	39
Tabla 5. Técnicas e Instrumentos de recolección de información	41
Tabla 6. Cálculo Índice de calidad de Agua NSF, punto de captación de agua acueducto Yamboró	49
Tabla 7. Rango para establecer la calidad del agua según NSF.....	49
Tabla 8. Consumo de agua potable por mes en el periodo de estudio 2014 – 2019 (m ³).....	58
Tabla 9. Consumo de agua potable total por unidad productiva (m3).....	60
Tabla 10. Consumo detallado de consumos de agua por unidades productivas	60
Tabla 11. Instalaciones hidrosanitarias sede Yamboró.....	61
Tabla 12. Características tanques de almacenamiento de agua	63
Tabla 13. Valores mínimos, medios y máximos de la temperatura periodo 1972 - 2016	68
Tabla 14. Valores mínimos, medios y máximos de la precipitación periodo 1972 - 2016.....	68
Tabla 15. Capacidad adaptativa al cambio climático Pitalito Huila	80
Tabla 16. Cambio tendenciales, posibles e ideales de acuerdo a dimensión y objetivos.....	84
Tabla 17. Escenarios de cambio climático para la zona de influencia del Tecnoparque Agroeológico Yamboró.....	87
Tabla 18. Variables del sistema	92
Tabla 19. Objetivos estratégicos de acuerdo a actores identificados.....	92
Tabla 20. Matriz de influencia directa (MID).....	93
Tabla 21. Matriz de posiciones valoradas.....	94
Tabla 22. Matriz de influencias directas e indirectas MIDI.....	95
Tabla 23. Relación fuerza de los actores	97
Tabla 24. Medidas de gestión para el uso eficiente y ahorro del agua en centro de formación Tecnoparque Agroeológico Yamboró.....	102
Tabla 25. Objetivos, metas e indicadores para el uso eficiente y ahorro del agua en centro de formación Tecnoparque Agroeológico Yamboró	104

Lista de figuras

Figura 1.. Esquema de incertidumbre y complejidad en el que se sitúan los Escenarios.	25
Figura 2. Objetivos de Desarrollo Sostenible	27
Figura 3. Ubicación y distribución de áreas sede Tecnoparque Agroecológico Yamboró, Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano.	46
Figura 4. Localización Geográfica Microcuenca El Maco, Quebrada Seca	47
Figura 5. Comportamiento del Caudal periodo 2018 -2019	48
Figura 6. Bocatoma, Acueducto Yamboró	50
Figura 7. Desarenador acueducto Yamboró.....	51
Figura 8. Tanque de almacenamiento de agua cruda.....	51
Figura 9. Área de preparación y dosificación de soluciones	52
Figura 10. Canaleta de mezcla y medición de caudal.....	53
Figura 11. Floculador PTAP Yamboró.....	54
Figura 12. Sedimentador PTAP Yamboró	54
Figura 13. Filtro PTAP Yamboró	55
Figura 14. Infraestructura Planta de Tratamiento de Agua Potable Yamboró.....	56
Figura 15. Vista en Planta PTAP Yamboró	56
Figura 16. Vista en perfil PTAP Yamboró	57
Figura 17. Consumo de agua potable por mes en el periodo de estudio 2014 – 2019 (m ³)....	58
Figura 18. Comportamiento del consumo de agua por periodo.....	59
Figura 19. Consumo de agua total por unidad productiva	60
Figura 20. Tipo de género y clasificación de la población encuestada.....	64
Figura 21. Actividades realizadas al hacer uso del servicio de acueducto	64
Figura 22. <i>Tiempo diario destinado para realizar la actividad señalada</i>	64
Figura 23. Frecuencia semanal de uso del servicio de acueducto.....	65
Figura 24. Frecuencia diaria de uso del servicio de acueducto.....	65
Figura 25. Consideración de los encuestados respecto al servicio de acueducto	65
Figura 26. Reporta o no las fugas de agua identificadas.....	65
Figura 27. Ha observado aspectos negativos en el suministro de agua.	65
Figura 28. Conoce la fuente hídrica que abastece al acueducto Yamboró.	65
Figura 29. En tiempo de sequía cree que el afluente del acueducto tiene la capacidad de suministrar el agua requerida.....	66
Figura 30. Actividades que considera usted que se debería realizar para.....	66
Figura 31. Percepción de la posibilidad de riesgos de desabastecimiento de agua.	66
Figura 32. Climograma año 1972	70
Figura 33. Climograma año 1973	70
Figura 34. Climograma año 1974	70
Figura 35. Climograma año 1975	70
Figura 36. Climograma año 1976	71
Figura 37. Climograma año 1977	71
Figura 38. Climograma año 1978	71

Figura 39. Climograma año 1979	71
Figura 40. Climograma año 1980	71
Figura 41. Climograma año 1981	71
Figura 42. Climograma año 1982	71
Figura 43. Climograma año 1983	71
Figura 44. Climograma año 1984	72
Figura 45. Climograma año 1985	72
Figura 46. Climograma año 1986	72
Figura 47. Climograma año 1987	72
Figura 48. Climograma año 1988	72
Figura 49. Climograma año 1989	72
Figura 50. Climograma año 1990	72
Figura 51. Climograma año 1991	72
Figura 52. Climograma año 1992	73
Figura 53. Climograma año 1993	73
Figura 54. Climograma año 1994	73
Figura 55. Climograma año 1995	73
Figura 56. Climograma año 1996	73
Figura 57. Climograma año 1997	73
Figura 58. Climograma año 1998	73
Figura 59. Climograma año 1999	73
Figura 60. Climograma año 2000	74
Figura 61. Climograma año 2001	74
Figura 62. Climograma año 2002	74
Figura 63. Climograma año 2003	74
Figura 64. Climograma año 2004	74
Figura 65. Climograma año 2005	74
Figura 66. Climograma año 2006	74
Figura 67. Climograma año 2007	74
Figura 68. Climograma año 2008	75
Figura 69. Climograma año 2009	75
Figura 70. Climograma año 2010	75
Figura 71. Climograma año 2011	75
Figura 72. Climograma año 2012	75
Figura 73. Climograma año 2013	75
Figura 74. Climograma año 2014	75
Figura 75. Climograma año 2015	75
Figura 76. Climograma año 2016	76
Figura 77. Serie de tiempo de precipitación anual.....	76
Figura 78. Serie de tiempo de temperaturas medias	77
Figura 79. Mapa de escenario de cambio climático para el Departamento del Huila	78

Figura 80. Municipios del Huila con mayores cambios de temperatura y precipitaciones	79
Figura 81. Impacto potencial del cambio climático en	80
Figura 82. Vulnerabilidad al cambio climático Pitalito Huila	81
Figura 83. Veredas municipio de Pitalito con.....	82
Figura 84. Cambios de temperatura y precipitación	83
Figura 85. Plano de influencias y dependencias entre actores.....	96
Figura 86. Histograma de relaciones fuerza MIDI	97
Figura 87. Histograma de implicación de actores sobre objetivos	98
Figura 88. Plano correspondencia actores y objetivos	99
Figura 89. Convergencia entre actores.....	99
Figura 90. Divergencias entre actores.....	100
Figura 91. Esquema general medidas de gestión uso eficiente y ahorro del agua	108
Figura 94. Modelo gobernanza para implementación de medidas de gestión del agua centro de formación Tecnoparque Agroecológico Yamboró.....	110

Resumen

Con el propósito de plantear lineamientos que incentiven el ahorro y uso eficiente del agua en el Centro de formación Tecnoparque Agroecológico Yamboró, se realizó un diagnóstico del sistema de acueducto teniendo en cuenta patrones de consumo de agua para el periodo 2014 a 2019 y comportamiento del caudal de la fuente abastecedora y estado de la infraestructura; posteriormente, tomando como base la información de la estación Sevilla del IDEAM se analizaron variables climáticas de temperatura y precipitación de 45 años (1972 - 2016), estos datos permitieron analizar el comportamiento frente a los escenarios de cambio climático (ECC) definidos por el IDEAM y fenómenos del niño y la niña, los resultados indican que existe una tendencia al incremento de la temperatura media en la región, tal como lo pronostican los ECC del IDEAM y a nivel de precipitaciones de igual manera se tendrán cambios tendenciales hacia un incremento de lluvias, por tanto en la presente investigación se formularon los escenarios de cambio climático tendencial, posible e ideal buscando brindar una herramienta útil para la toma de decisiones frente a la gestión del recurso hídrico, con base en estos resultados se propone un modelo de gestión para la gobernanza del agua, el cual se construyó a partir del análisis de interacción de los actores involucrados en la zona de estudio, así mismo se formulan las medidas de gestión que contribuyen en el ahorro y uso eficiente del agua en el centro de formación y su área de influencia.

Palabras clave: Prospectivo, Ahorro y uso eficiente del agua, Escenarios de cambio climático, gobernanza del agua, Recurso hídrico.

Abstract

With the aim of establishing guidelines to incentivize the saving and efficient use of water in the Yamboró Technopark, a diagnosis of the aqueduct system was made taking into account consumption patterns from the period 2014 to 2019, analysis of the flow behaviour of the supply source and state of the infrastructure; Subsequently; based on the information from the Sevilla station of IDEAM, climatic variables of the temperature and precipitation of 45 years (1972 to 2016) were analyzed, these data allowed analyzing the behavior against the climate change scenarios (ECC) defined by the IDEAM and el Niño and la Niña phenomena,

the results indicate that there is a tendency to increase the average temperature in the region, as predicted by ECC and at precipitation level, in the same way, there will be trending changes towards an increase in rainfall, therefore, in this research, the scenarios of trend climate change, possible and ideal, were formulated, seeking to provide a useful tool for taking decisions regarding the management. Based on these results, a management model for governance is proposed. of water, which was built from the interaction analysis of the interaction of the actors involved in the study area, management measures are formulated that contribute to saving and efficient use of water in the training center and its area of influence.

Key words: Prospective, Saving and efficient use of water, Climate change scenarios, water governance, Water resource.

Introducción

El recurso hídrico es fundamental para el desarrollo de todos los sectores productivos, sin embargo, dadas las condiciones actuales asociadas a fenómenos climáticos, la disponibilidad del recurso se está viendo limitada, generando por ende grandes retos para garantizar la sostenibilidad de las generaciones actuales y futuras (Fernández-Durán & Lloret, 2016), en este sentido, puede evidenciarse que el incremento de la población a nivel mundial en conjunto con el consumo de recursos para satisfacer las necesidades, ha hecho que recursos como el agua potable sean escasos dependiendo las características de cada región, por ello es fundamental definir estrategias y herramientas que contribuyan en la correcta distribución y acceso al recurso (Blanco, Lara, Williams, Velezmoro, & Aguilar, 2014).

Aunado a la situación anteriormente presentada, se están evidenciando graves consecuencias que ponen en riesgo el normal desarrollo y distribución, en este caso del recurso hídrico, dichas consecuencias pueden asociarse en gran medida al fenómeno del cambio climático y variabilidad climática, el cual genera alteraciones en el comportamiento promedio de los elementos del clima en una determinada región, generando impactos negativos en el sector ambiental, social y económico (Galindo Montero, Pérez Montiel, & Rojano Alvarado, 2017), reflejado en el aumento de temperaturas, alteraciones en las precipitaciones y fenómenos climáticos extremos, tales como periodos extensos de verano e invierno, que pueden derivar en el deterioro de la calidad y cantidad del agua.

La vulnerabilidad de los sistemas hídricos en relación a la variabilidad climática, puede relacionarse con el funcionamiento y estructuración técnica de los sistemas hidráulicos, pues están no son construidas para soportar la periodicidad de las sequías o extremos periodos de invierno, que pueden derivarse en inundaciones o colapso de los sistemas de acueducto. Además la vulnerabilidad territorial hace que unas regiones sean más susceptibles a presentar riesgo de escasez de agua, mayor o menos grado de contaminación y afectaciones por ampliación de fronteras agrícolas (Comision Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL, 1993), es por esto que las estrategias de ahorro y uso eficiente de agua son necesarias para prevenir y mitigar los cambios asociados a factores de cambio climático y uso ineficiente del agua.

La presente investigación trata una temática bajo una problemática local que a la vez tiene influencia o magnitud global, como lo es el uso ineficiente del agua en una institución de educación superior que para la investigación se denominará “Tecnoparque Agroecológico Yamboró” ubicado en el municipio de Pitalito Huila, además la temática del ahorro y uso eficiente de agua permite establecer una visión multidimensional, abarcando temas no solo ambientales, sino también temas de índole sociocultural: Esta investigación busca contribuir con el cumplimiento de aspectos relacionados con la sostenibilidad y los objetivos del desarrollo sostenible (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2019), específicamente con el objetivo seis que plantea el acceso al agua limpia y saneamiento, también el trabajo de investigación contribuye con la definición de los escenarios de cambio climático asociados al uso eficiente y ahorro del agua bajo un modelo de gestión de gobernanza del agua, buscando generar la protección del entorno del centro de formación mediante el manejo adecuado de recursos renovables mediante la aplicación de herramientas útiles para la toma de decisiones, en este caso en el tema del manejo integral del recurso hídrico.

1. Objetivos

1.1. Objetivo general

Analizar factores que incentiven el ahorro y uso eficiente del agua en el Tecnoparque Yamboró bajo un modelo de gobernanza del agua.

1.2. Objetivos específicos

- Describir el diagnóstico del sistema de acueducto del Tecnoparque Agroecológico Yamboró teniendo en cuenta patrones de consumo de agua potable en el periodo 2014 – 2019.
- Definir los escenarios de cambio climático: tendencial, posible e ideal entorno al ahorro y uso eficiente del agua.
- Determinar los lineamientos para un modelo de gestión para gobernanza del agua de acuerdo a las medidas de gestión enfocadas en el ahorro y uso eficiente del recurso hídrico.

2. Supuesto de investigación o hipótesis

Se hace fundamental incentivar el ahorro y uso eficiente de agua en Tecnoparque Agroecológico Yamboró a través de estrategias pertinentes que garanticen la sostenibilidad del recurso hídrico.

Los escenarios de cambio climático permiten realizar evaluaciones de los impactos de dicho fenómeno y, en consecuencia, permiten identificar acciones de adaptación y mitigación que favorezcan la conservación del recurso hídrico.

3. Planteamiento del problema

El acceso al agua potable es de vital importancia para las comunidades rurales y urbanas, es por esto que se considera un derecho fundamental para el uso doméstico, comercial, institucional, agropecuario e industrial (Corte Constitucional de Colombia C-136-16, 2011), debido a esto la disponibilidad del recurso hídrico se contempla dentro de los programas establecidos en los programas de índole Nacional, regional y local (Martínez, 2017) y hace parte importante de desarrollo humano.

La importancia del recurso hídrico empezó a tomar mayor relevancia hacia el año 1965, cuando las Naciones Unidas enunciaron el Decenio Hidrológico Internacional comprendido entre el año 1965 y 1974, esta fue la base para crear el “Programa Hidrológico Internacional”, el cual empezó a generar estrategias básicamente de identificación y cuantificación de los recursos hídricos (Rodríguez, 2012). Para el año 1992 la Conferencia de Dublín en la Declaración del Agua y el Desarrollo Sostenible instauró cuatro principios concernientes con la limitación y vulnerabilidad del agua, integrando las temáticas principales para el manejo integrado del agua, además inició a crear la necesidad de involucrar a usuarios, planificadores y responsables de tomar decisiones. A partir de las primeras políticas internacionales en relación a la gestión del agua, en Colombia se creó la Ley 99 de 1993 por la cual se crea el Sistema Nacional Ambiental SINA y Ministerio de Ambiente (Congreso de Colombia, 1993), adoptando por primera vez políticas ambientales para el país, posteriormente en 1997 se creó la ley 373 por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua (PUEAA), generando de esta forma herramientas legales para que las entidades y organizaciones implementen diferentes estrategias para el sostenimiento del agua (Colombia, Ambiente, & Colombia, 1997); para el caso del Departamento del Huila teniendo como base la Ley 373, La Corporación Autónoma del Alto Magdalena (CAM) en 2009 creó la guía para la formulación de los PUEAA, ésta tiene en cuenta aspectos de los prestadores del servicio de acueducto y alcantarillado, de la fuente abastecedora y la formulación de programas y proyectos para la gestión integral del agua (Corporación Autonoma Regional del Alto Magdalena CAM, 2009), en el año 2018 surgió el Decreto 1090 por el cual se adiciona el Decreto 1076 de 2015 donde se establece que el

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible mediante Resolución establece la estructura y contenido del PUEAA (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018).

En el año 2007 el Tecnoparque Agroecológico Yamboró sede del Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano del Servicio Nacional de Aprendizaje Sena, construyó el sistema de acueducto para abastecer a las unidades productivas y brindar agua apta para el consumo humano según los parámetros establecidos en el Decreto 1594 de 1984, el Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 y la Resolución 2115 de 2007. Este centro de formación está ubicado en la vereda Aguadas del Municipio de Pitalito Huila, a una distancia aproximada de siete kilómetros de la zona urbana, cuenta con diferentes unidades productivas para el desarrollo de actividades formativas, según reportes del software Sena Empresa, la sede Yamboró atiende aproximadamente una población de 430 personas por día (Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible, 2019), quienes se forman en programas afines de las áreas ambientales, agropecuarias, sistemas de información, multimedia, bioconstrucción, gastronomía y agroindustria. El sistema de acueducto cuenta con unidades de bocatoma, desarenador, tanque almacenamiento de agua cruda, planta de tratamiento de agua potable, tanque de almacenamiento de agua potable, redes de distribución, macromedición y cuatro puntos de micromedición instalados desde el año 2014, un punto de micromedición instalado en 2018 y dos micromedidores instalados en 2019, además se cuenta con seis tanques de almacenamiento de agua potable. El acueducto se abastece de la fuente hídrica denominada Quebrada Seca, para lo cual se cuenta con el permiso de concesión de agua superficial renovado en el año de 2016 por un caudal de 3,42 L/s, como aspecto importante para implementar el ahorro y uso eficiente de agua es la disponibilidad del agua en la fuente abastecedora, dado que presenta alta variación en su caudal, el cual ha oscilado entre valores mínimos de 3 L/s en épocas de estiaje y máximos de 42 L/s en época de invierno, estos datos han sido obtenidos a partir de mediciones en campo en diferentes épocas del año, dichas variaciones son generadas por diferentes impactos ambientales asociados a actividades antrópicas en la zona de influencia de la microcuenca, lo cual dificulta el uso sostenible del recurso. Según datos arrojados por el monitoreo de consumo de agua en el centro de formación para el año 2018 se gastaron en promedio 600 m³/mes de agua potable, estos datos reflejan un incremento respecto a los años 2015, 2016 y 2017 según la base de datos establecida, donde al inicio del periodo de estudio

se consumía en promedio 250 m³/mes. El crecimiento en los patrones de gasto de agua se ha generado debido a aspectos demográficos, climáticos, socioeconómicos (Manco Silva, Guerrero Erazo, & Ocampo Cruz, 2012) y fallencias en la red de distribución, lo cual ha llevado a que el consumo total de agua potable entregada se haya elevado, además influyen aspectos de control de fugas, desconocimiento en el índice de agua no contabilizada (IANC) lo que permitiría tener un índice porcentual respecto a la cantidad total de agua que se proporciona a través de la red de tuberías con el volumen total de agua consumida por los usuarios del acueducto en un período determinado (Ministerio de Vivienda, 2010b). Además, no se cuenta con un estudio detallado de consumo de agua de acuerdo a los periodos académicos y actividades productivas, lo cual dificulta la implementación de buenas prácticas de ahorro de agua por parte de la comunidad educativa compuesta por aprendices, instructores, administrativos y personal operativo del centro de formación. Dichos factores, hacen que exista disminución en la oferta de agua superficial, principalmente en épocas secas y también sobrepresión al ecosistema que rodea la microcuenca que por sus características presenta dificultades para mantener su calidad ambiental y ecológica (Dominguez, Moreno, 2008), además los efectos del fenómeno del Cambio Climático y variabilidad climática también incrementan los riesgos por escasez del agua, según la tercera comunicación nacional de Colombia a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, el Departamento del Huila para el año 2070 tendrá una variación en la temperatura media de 1.7 °C (Convención Marco De et al., 2017), por lo cual los escenarios futuros no serán los adecuados para tener acceso adecuado al agua y se generarían riesgos de desabastecimiento en algunas regiones. Para el caso del área de influencia del acueducto Yamboró, aún se desconocen los escenarios de cambio climático asociados al uso eficiente y ahorro del agua, lo cual ha incrementado la problemática del uso y consumo excesivo del agua, la comunidad de aprendices, instructores y administrativos no visionan las consecuencias a las que se vería expuesto el centro de formación en caso de no tomar medidas estratégicas que contribuyan al uso integral del agua, además no se cuenta con un modelo de gobernanza del agua que contribuya en la toma de decisiones en pro del adecuado manejo del recurso hídrico.

A partir de la problemática asociada al ahorro y uso eficiente del agua, se genera la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuáles son los factores determinantes que incentivan el ahorro y uso eficiente del agua en el Tecnoparque Agroecológico Yamboró?

4. Justificación

Para establecer los factores claves que permitan estructurar un modelo de gobernanza del agua, la investigación busca inicialmente dar a conocer aspectos relevantes del comportamiento del caudal de la fuente abastecedora, además hace falta identificar los patrones de consumo que en los últimos años no se han analizado de manera detallada, se han identificado falencias en la identificación de fugas, pérdidas de agua y en las características generales de las instalaciones hidrosanitarias que se encuentran en las áreas productivas del centro de formación Tecnoparque Agroecológico Yamboró. Por otra parte, aunque se evidencian cambios y consecuencias asociados al comportamiento de variables climáticas en la región, se desconoce cuál ha sido el comportamiento o posibles cambios que se han dado específicamente en la temperatura media mensual y precipitaciones totales mensuales, lo que permite determinar los escenarios de cambio climático para la zona de influencia del centro de formación.

Con base en los anteriores aspectos, la investigación busca estructurar un modelo de gobernanza del agua de acuerdo a las medidas de gestión que permitirán tener una visión integral de la situación actual y en prospectiva para construir los planes de acción que contribuyan al ahorro y uso eficiente en el centro de formación, aportando significativamente a los procesos de gestión ambiental, bajo la política ambiental.

La presente investigación busca además, generar bases investigativas en lo relacionado con análisis prospectivos para temas de ahorro y uso eficiente del agua en relación a escenarios de cambio climático y gobernanza del agua asociados a centros de formación, ya que son muy pocos los antecedentes de investigaciones similares que contribuyan a la gestión integral del recurso hídrico, así mismo, se generan aportes importantes que mediante la aplicación de técnicas metodológicas y factores relevantes de un modelo de gobernanza, permiten generar y aplicar medidas de gestión que le permitirán al centro de formación minimizar el riesgo de desabastecimiento de agua por escasez, uso ineficiente e inadecuadas prácticas socioambientales a nivel interno y externo del centro de formación.

5. Marco teórico

Cambio climático y gestión del agua

El cambio climático genera cambios en los elementos del clima y en su comportamiento promedio, dependiendo de la región puede generar consecuencias más o menos severas. Este fenómeno inició a tomar gran importancia en el año de 1994, cuando el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) logró evidenciar y estructurar el documento denominado “Cambio Climático: 2007”, es éste se evidenció científicamente que las acciones antrópicas alteran las condiciones atmosféricas, reflejándose en incremento de temperaturas o aseveraciones de fenómenos climáticos extremos. Esto contribuyó para que muchas regiones a pesar no estar muy comprometidos con el protocolo de Kyoto, generarán un cambio en la estructuración de políticas a nivel internacional (Posada, 2007).

En las últimas décadas las consecuencias del cambio climático en regiones como Norte América y Latinoamérica los eventos climáticos extremos han generado afectaciones tanto en el componente netamente ambiental, como en lo económico y social, puesto que a causa del cambio climático ha evidenciado la necesidad de generar estrategias de adaptación y cambio en las costumbres y la forma de explotar los recursos naturales, ya que el cambio climático desafortunadamente es un fenómeno que no puede revertirse (Alvarez Conde, 2007).

Dadas los efectos catastróficos en diferentes regiones a causa del cambio climático, la gestión de los recursos hídricos ha sido incorporada en las políticas de diferentes países, dicha gestión y eficacia de las estrategias de gestión del agua respecto al cambio climático dependen en gran medida de la voluntad política, ciencia, desarrollo y de la vinculación de todas las partes interesadas (Retamal, Rojasii, & Parrai, 2011). Para el caso de Colombia la Política Nacional de Cambio Climático plantea la gestión del agua mediante estrategias de uso eficiente del agua, reducción del riesgo por desabastecimiento hídrico, disminución de pérdidas en los sistemas de acueducto, tratamiento de aguas servidas, educación ambiental, entre otros (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS, 2017).

Cambio climático y variabilidad climática

El cambio climático implica la variación del estado del clima, lo cual se da por alteraciones de valores medios en sus elementos teniendo como base extensos periodos de tiempo, que por lo general son de 10 años o más, es así, como en dicha temporalidad se fundamenta la diferencia del cambio climático respecto a la variabilidad climática, que por sus características implica el análisis de las variaciones del estado del clima, pero tomando como referencia todas las series transitorias y espaciales, por lo tanto la temporalidad de la variabilidad climática es mucho menor que la del cambio climático, sin embargo en ambos casos se generan afectaciones y riesgos en los ecosistemas, poblaciones y todos los sectores económicos (Ammar, 2019).

Gobernanza del agua

La gobernanza del agua implica la toma de decisiones en articulación con actores de las dimensiones ambiental, social y económica, teniendo como base dar solución problemáticas asociadas a la gestión del recurso hídrico, teniendo en cuenta las escalas local, regional, nacional e internacional y políticas que definen estrategias acordes a la realidad de cada región, con enfoque participativo y bajo principios de integralidad y responsabilidad (Rogers, 2015)

Fenómenos ENOS

El fenómeno del Niño Oscilación Sur, más conocido como ENO, se da por las acciones recíprocas entre el océano y las condiciones atmosféricas en el territorio del Océano Pacífico Ecuatorial, constituye variaciones significativas en las condiciones atmosféricas y oceánicas que puede darse en periodos de tiempo que pueden variar desde meses hasta años (Carvajal, Jimenez, & Materon, 1999). El ENOS causa modificaciones en los escenarios normales del espacio intertropical en el Océano Pacífico, puede generar impactos que perturban el comportamiento del clima a nivel global, por lo tanto, se relaciona de forma directa con la variabilidad climática. Para el caso de Colombia la etapa calurosa del ENOS (El Niño) se relaciona con las sequías y el periodo frío (La Niña), a un incremento en los niveles de lluvias (Sedano Cruz & Carvajal Escobar, 2013).

Los cambios que se puedan generar en cuanto a temperatura y precipitación en diversas regiones del país generado por la variabilidad climática y cambio climático, pueden causar que los efectos de los fenómenos del niño y la niña generen fuertes impactos en todos los sectores productivos, tal como la afirma el IDEAM para el periodo 2071 -2100, se tiene proyectado que los niveles de lluvias se incrementen entre 10 a 30% para el 14% del territorio nacional, dentro del cual se encuentra el Departamento del Huila (IDEAM, 2015).

En cuanto al Departamento del Huila, la región cuenta con diversidad de climas, dadas las condiciones de diversidad y de interacción de elementos como la temperatura, brillo solar, precipitación, humedad relativa, entre otros. La mayor parte del Departamento corresponde al clima medio, se encuentran zonas con clima frío y cálido, principalmente en la zona norte del Departamento. Por ende, el Huila, al igual que otras regiones de Colombia, ha soportado eventos climáticos extremos, entre los cuales están los fenómenos de El Niño y La Niña, que por sus condiciones han generado la necesidad de implementar medidas que contribuyan al desarrollo departamental y al mantenimiento de la calidad ambiental de la región. En cuanto al comportamiento de las temperaturas en las áreas más cálidas, se han encontrado temperaturas que superan los valores medios característicos de la zona (Gobernacion del Huila, CAM, USAID, & FCMC, 2014).

Teoría escenarios de cambio climático

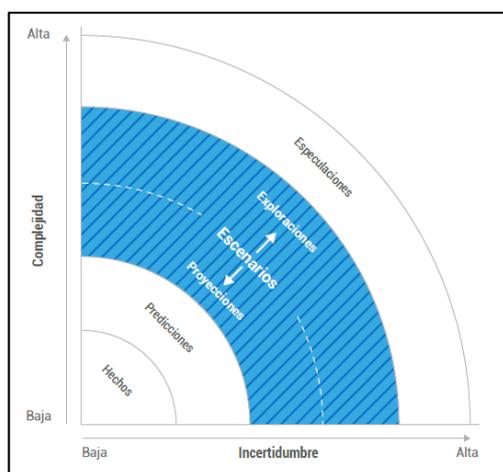
El concepto de escenario ha sido ampliamente estudiado por diferentes autores, una de las definiciones más claras según Vergara et al (2010), es que los escenarios no son usados para pronosticar el futuro con una total seguridad, esto quiere decir que son un elemento que ofrecen una mejor comprensión de lo que podría suceder respecto a la situación que se esté analizando.

Al plantear un escenario, éste se constituye en una técnica que permite orientar la toma de decisiones necesarias a partir de una situación presente y lo que podría suceder en el futuro, por lo cual son simulaciones que permiten mejorar el conocimiento de posibles efectos en un largo periodo de tiempo, en este caso teniendo en cuenta aspectos de cambio climático. Dentro de este orden de ideas, existen clasificaciones de los escenarios, entre las cuales se encuentran los exploratorios, que analizan las tendencias del pasado y lo llevan a futuros potenciales y los de anticipación se dan teniendo en cuenta perspectivas alternativas

del futuro que pueden ser anhelados o rechazados y tienen en cuenta la evocación (Pineda, 2018).

Tal como se define el documento donde se publica la Tercera Comunicación Nacional de Colombia a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, un escenario es un instrumento útil para la toma de decisiones en un territorio de acuerdo a potenciales hechos futuros relacionados con cambios que dependen del contexto de la región y de los sucesos en relación al comportamiento del clima y deducir posibles fluctuaciones, para crear soluciones en el presente. La definición de escenarios constituyen un instrumento importante para la toma de decisiones por parte investigadores, entidades gubernamentales y comunidad en general, dichos escenarios se fundamentan en posibles situaciones con base en estudios científicos, aproximándose a la percepción de cuál podría ser la situación en un futuro, creando de esta forma un acercamiento a los potenciales vicisitudes que se darían en una región determinada (Figura 1), es así, como se dan insumos para definir programas, proyectos y posibles inversiones para contrarrestar los efectos del cambio climático (IDEAM, 2015).

Figura 1. Esquema de incertidumbre y complejidad en el que se sitúan los Escenarios.



Fuente: IDEAM, 2015

Para el caso de la investigación se busca establecer el análisis de aspectos relacionados con el cambio climático asociado a la escasez de agua, para lo cual se tiene definido los siguientes escenarios (Pineda, 2018):

Escenario Tendencial: Define cuál sería el futuro manteniendo las condiciones actuales y no se implementa ningún tipo de solución.

Escenario Utópico: Especifica cual sería el futuro si se generan todos los cambios necesarios para presentar condiciones ideales dentro del área de estudio.

Escenario Posible: Establece cuál sería el futuro si se genera, por lo menos, algunos de los cambios más relevantes para mitigar y generar mecanismos de adaptación respecto a las consecuencias del cambio climático.

Planificación ambiental territorial

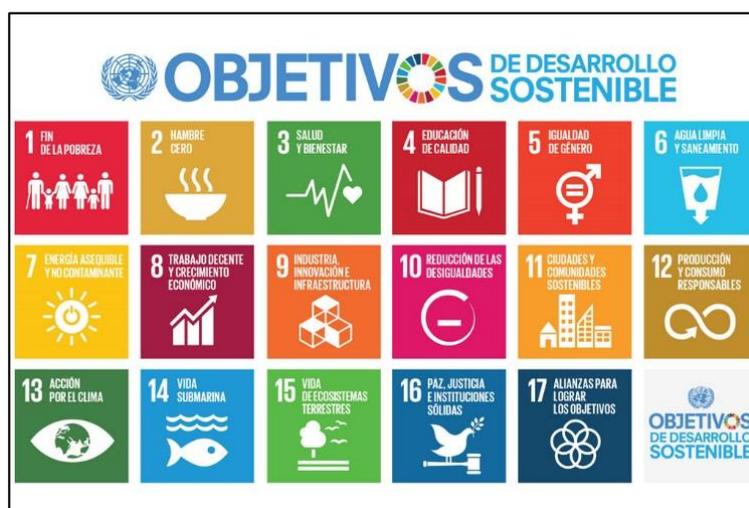
El ordenamiento territorial ambiental ha originado la ejecución de esfuerzos que permitan a través del direccionamiento del estado y la normatividad, establecer estrategias de gestión en pro del manejo adecuado de los territorios en conjunto con la planificación ambiental, la cual busca reconocer las necesidades de organizar las regiones con una base en criterios ambientales y de desarrollo sostenible (Méndez Vergara, 2000).

La necesidad de establecer una interrelación entre el ordenamiento territorial y ambiental, ha contribuido en la generación de un marco legal para Colombia, que contempla inicialmente a través de la constitución de 1991, la creación de leyes y normas en pro de la protección ambiental, también existe la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, que define que el ordenamiento debe conseguir o conllevar el desarrollo de las regiones y además ser ambientalmente sostenible y debe favorecer escenarios para establecer políticas públicas que tengan en cuenta la riqueza ambiental. Además dentro del marco legal relacionado con el ordenamiento ambiental en Colombia se encuentra la ley 99 de 1993 y posteriormente la ley 388 de 2007, conocida como la ley de desarrollo territorial (Bayonamolano, 2016). Todo este marco legal contribuye de cierta manera en la gestión ambiental de los recursos naturales, que para el caso de la investigación implica la necesidad de que las regiones cuenten con acceso al agua, bajo criterios de ordenamiento y uso eficiente de dicho recurso natural.

Categorías y Objetivos del Desarrollo Sostenible¹

Teniendo en cuenta las consecuencias generadas por los efectos del cambio climático, la Asamblea General de las Naciones Unidas en el año 2015, teniendo en cuenta la necesidad de trabajar en pro de la sostenibilidad económica, social y ambiental, decide con sus 193 Miembros establecer la ruta de trabajo para los próximos 15 años. Dicha ruta se centró en categorías vitales para las regiones, entre las cuales están la erradicación de la pobreza extrema, salud y bienestar, reducción de la desigualdad, desarrollo económico inclusivo con trabajo decente para todos, agua limpia y saneamiento, ciudades sostenibles, entre otros, estos constituyeron lo que actualmente se conoce como la Agenda 2030, generando de esta forma la guía para que estas temáticas se constituyan en el eje principal de planes, programas y proyectos en pro del desarrollo, es así, como se definieron 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS) (Figura 2), los cuales plantean metas e indicadores para que los gobiernos los incluyan en sus planes de desarrollo, por ende todas las entidades y organizaciones establezcan sus estrategias encaminadas en el logro de los ODS (Naciones Unidas, 2018).

Figura 2. Objetivos de Desarrollo Sostenible



Fuente: Agenda 2030 y Objetivos de Desarrollo Sostenible

¹ Agenda 2030 y Objetivos de Desarrollo Sostenible

6. Antecedentes

Según el Estudio Nacional del Agua es necesario contar con información actualizada que permita actualizar la oferta hídrica en relación con los fenómenos naturales y antrópicos, cantidad de agua disponible de acuerdo a las condiciones propias de cada región, además es importante conocer el comportamiento de las variables climáticas en años secos y años húmedos, con el fin de determinar el riesgo de desabastecimiento que podrían tener los municipios y regiones (IDEAM, 2018).

Con relación a estudios de consumo de agua, una de las principales investigaciones la desarrollo Junca en el año 2000, en ésta se establecieron rangos de consumo básico para el sector residencial en las ciudades de Bogotá, Medellín y Cali (Granada, 2011). En cuanto al consumo doméstico, la demanda promedio de agua por usuario doméstico entre los años 2005 y 2014 para municipio ubicados en clima templado fue de 13,22 m³/mes (Santana, Tovar, & Sotomayor, 2015). Con respecto a patrones de consumos promedios de agua en sectores residenciales y proyección de escenarios de cambio climático para la ciudad de Liberia en Costa Rica se realizó un estudio con base en datos de tres años, así mismo se proyectan los escenarios para los periodos de 2071 a 2100 (Nikolaeva, Sarabia, & Moraga, 2016).

En cuanto al consumo de agua potable en Instituciones educativas se encuentra que según reportes realizados por Guerrero, Manco & Morales en 2016, se describe que en Instituciones de educación superior colombianas, tales como la Universidad de Antioquia, Universidad de los Andes y Universidad del Valle, ubicadas en ciudades como Medellín, Bogotá y Cali se han encontrado consumos promedio de agua que oscilan entre los 21 a 41 litros/estudiante/día, por su parte el consumo encontrado en la Universidad Tecnológica de Pereira fue de 15.1 litros/estudiante/día, es importante aclarar que los consumos de agua en este tipo de instituciones pueden variar teniendo en cuenta los tipos de unidades hidrosanitarias, población y las actividades productivas (Guerrero, Manco, & Morales, 2017).

En países como México, específicamente en el Golfo de México se estudiaron cuatro líneas evolutivas, donde se evidenció el fuerte impacto de los Gases de Efecto Invernadero en los escenarios de cambio climático (Magaña et al., 2009). Para el caso de Colombia, diversos estudios evidencian que los fenómenos de variabilidad climática cada vez afectan en mayor proporción los territorios, por tanto, es necesario estructuras políticas eficaces que permitan enfrentar estos fenómenos y generar mecanismos de adaptación dependiendo de la vulnerabilidad de cada región (García, Botero, Quiroga, Andrés, & Robles, 2012). La publicación más reciente de escenarios de cambio climático se emite en la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático, en este documento se realizan los análisis a nivel departamental para el caso de Colombia, teniendo como base los datos de precipitaciones y temperaturas, dichos escenarios son generados para el periodo 2011 a 2100 (IDEAM, 2015), a nivel territorial se han realizado estudios y proyecciones tales como la desarrollada para la ciudad de Medellín evaluando un periodo de 50 años (1960 y 2010), en este se estudiaron variables de humedad relativa y temperaturas mínimas, medias y máximas, en dicho estudio se evidenció un incremento de temperaturas y disminución de la humedad (Restrepo, L; Peña, C & Martínez, 2019). Por otra parte, también se han realizado estudios en la cuenca del río Pamplonita en el Departamento de Norte de Santander, en esta investigación se integraron datos de caudal, precipitación y temperatura mediante trayectorias de concentración, encontrando posibles bajas en caudal y aumento de temperaturas (Rentería, 2020).

En concordancia con lo anteriormente mencionado, es necesario estructurar modelos de gobernanza del agua que permitan implementar acciones en pro de la gestión integral del agua, es así como para la zona de influencia de la cuenca del río Cuja se propuso un modelo centrado en aspectos ambientales, sociales y económicos, buscando involucrar todos los actores importantes en la toma de decisiones a escala nacional, regional y local (Gutierrez, 2018), de igual forma otras investigaciones de gobernanza en países como Chile plantea el modelo bajo condiciones de escasez, vinculando a los actores a nivel local, indicando su conocimiento frente a las problemáticas de acceso al recurso (Universidad de Jaen, 2014). También se han realizado investigaciones que apuntan a la implementación de modelos de gobernanza del agua para América Latina y el Caribe, en ésta se destacan aspectos relevantes entre gobernanza y política relacionado con un marco institucional (Rogers, 2015).

7. Marco legal

Para implementar medidas tendientes a la gestión integral del recurso hídrico y de adaptación al cambio climático, específicamente lo que tiene que ver con el uso eficiente y el ahorro del agua a nivel nacional se tiene establecido el siguiente marco normativo:

Tabla 1. Marco legal Ahorro y uso eficiente de agua

Normatividad	Descripción
Ley 99 de 1993	Creación del Ministerio del Medio Ambiente, reordenación del Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA.
Ley 373 de 1997	Establecimiento del programa para el uso eficiente y ahorro del agua
Decreto 1575 de 2007	Establecimiento del Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano
Resolución 2115 de 2007	Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano
Decreto 1090 de 2018	Por el cual se adiciona el Decreto 1076 de 2015, decreto único reglamentario del sector Ambiente y Desarrollo Sostenible en lo relacionado con el programa para uso eficiente y ahorro de agua.
Resolución 1257 de 2018	Se establece la estructura y el contenido del programa para uso eficiente y ahorro de agua (Minambiente, 2018).
Política Nacional de Cambio Climático	Arreglos institucionales, normativos y de Política Pública que orienten y generen sinergias entre los tomadores de decisiones. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS, 2017)
Ley 1931 de 2018	Por la cual se definen directrices para la gestión del cambio climático (Congreso de Colombia, 2018)

Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019

Programa de ahorro y uso eficiente de agua

Como aspecto básico en la ley 373 de 1997 se define como programa de Ahorro y uso eficiente de agua a los proyectos y acciones que deben formular e implementar las entidades que prestan los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico, dichos programas son aprobados y

vigilados por las autoridades ambientales territoriales, quienes se encargan de velar por la ejecución de las acciones proyectadas.

Teniendo en cuenta que el tema de ahorro y uso eficiente de agua se ha convertido en una necesidad a nivel global, ya que de esto depende en gran parte la gestión adecuada del recurso hídrico, su conservación infiere una perspectiva comunitaria, incluyendo a beneficiarios, entidades públicas y privadas, quienes son los responsables de la toma de decisiones y aplicación de políticas públicas (Peña, 2017). Para garantizar el uso eficiente del agua es necesario tener en cuenta la demanda, hábitos de consumo, ejecución de medidas sostenibles que mitigue los impactos ambientales y sociales generados por el uso ineficaz del agua.

Este tipo de planes y programas se formulan para ser ejecutados en periodos de cinco años y deben tener en cuenta la oferta de agua en las fuentes de abastecimiento y la demanda por parte de los usuarios, además deben incluir las acciones para reducir pérdidas, campañas educativas a la comunidad, entre otros temas y aspectos que definan las entidades y empresas pertinentes.

En el año 2009 la CAM, generó la guía para la formulación del PAYUEA con las recomendaciones y requerimientos para la estructuración de documentos y acciones de acuerdo a la reglamentación establecida para la prestación del servicio de acueducto (Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena CAM, 2009). Dicha guía establece la definición de objetivos a partir de la distribución del recurso, la oferta y demanda, además contempla la descripción del área de influencia del PAUEA y de la empresa que presta el servicio o es usuaria, análisis del estado del sistema de acueducto y alcantarillado, diagnóstico de fuente abastecedora y la formulación de planes de acción enfocados hacia el ahorro y uso eficiente del agua.

Índice de agua no contabilizada (IANC)

Para conocer el porcentaje de pérdidas de agua en un sistema de acueducto existe un indicador que permite establecer la eficiencia de su operación (Garzón, 2014) y que según lo establecido en el RAS 2000 se conoce como Índice de agua no contabilizada (IANC), éste se calcula teniendo como base datos de volumen de agua entregado medido por el

macromedidor y el registrado por los micromedidores con que cuentan los usuarios. El IANC según la Resolución 0330 de 2017 establece que las pérdidas técnicas máximas en todos los componentes del sistema no deben superar un 25% (Ministerio de Vivienda, 2017).

Pérdidas técnicas

De acuerdo a lo definido por la Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA), las pérdidas técnicas tienen en cuenta la diferencia entre el volumen de agua tratada y la medida a la salida de la planta de tratamiento de agua potable y el volumen entregado a los usuarios (CRA, 2014), este tipo de pérdidas pueden estar relacionadas con disminución de energía originada por accesorios hidráulicos en una determinada conducción de agua.

Curvas de consumo

Para determinar el comportamiento del consumo de agua por parte de los usuarios de un sistema de acueducto, se deben tener en cuenta los periodos de tiempo de funcionamiento de la planta de tratamiento y de suministro del servicio, además de los registros de agua consumida ya sea en periodos anuales, mensuales o semanales, según sea el caso (Garzón, 2014), con dichos datos es posible obtener una curva de consumo, la cual muestra por periodos definidos de tiempo, el volumen consumido en horas valle y horas pico.

Micromedición

El RAS 2000 define la micromedición como un procedimiento de medida de volumen de agua, para conocer la cantidad de agua consumida en un determinado ciclo de tiempo por cada suscriptor de un sistema de acueducto, esta medición puede realizarse mediante micromedidores volumétricos o de velocidad y en función a su exactitud en la medición se clasifican en clase B y Clase C, es posible obtener datos más precisos. Para el caso de los medidores volumétricos, el caudal mínimo para que el medidor inicie con su lectura no debe ser mayor a 5 litro por hora, además su transmisión al dial de lectura debe ser mecánica. En cuanto a los medidores de velocidad, el caudal mínimo para inicio de registro deberá ser mayor a 20 litros por hora (Empresa de acueducto y alcantarillado de Popayán, 2009).

Macromedición

Para determinar la cantidad de agua que ha sido potabilizada y entregada una vez ha sido tratada en la planta de tratamiento, se debe usar un sistema de medida para grandes caudales denominado macromedidor, por lo general está ubicado a la salida de los tanques de almacenamiento y permite en conjunto con la micromedición calcular el IANC (Ministerio de Vivienda, 2010b).

Control de Fugas

Según lo definido en el RAS 2000, Título C, es necesario realizar de forma continua inspección visual o también usar equipos técnicos para la detección oportuna de pérdidas de agua por daños en tuberías, accesorios, válvulas y conexiones de las redes, también es importante que se realicen controles en los equipos de dosificación de sustancias químicas, verificar concentraciones, para evitar escapes que puedan afectar la salud de operarios y usuarios del sistema de acueducto (Ministerio de Vivienda, 2010a).

8. Metodología

Cada una de las fases y su metodología específica que aplicará de acuerdo al caso, son explicadas a continuación:

8.1 Tipo de investigación

La investigación tiene un enfoque de tipo mixto, ya que involucra aspectos cualitativos referentes al uso eficiente y ahorro del agua por parte de la comunidad de aprendices, instructores y administrativos; con respecto a lo cuantitativo se realiza tabulación de información expresada matemáticamente en gráficos, específicamente en lo relacionado con el consumo de agua y análisis de datos de comportamiento de variables tales como la precipitación y temperaturas.

8.2 Diseño metodológico

6.2.1 Etapa Preliminar.

En la etapa de aprestamiento se afrontan los siguientes temas:

Definición de las unidades de análisis, teniendo en cuenta la información secundaria disponible y las recomendaciones de profesionales ambientales.

Selección de aspectos técnicos objeto de investigación para establecer el diagnóstico del sistema de acueducto y los patrones de consumo de agua.

Alcances de la investigación teniendo en cuenta la definición de los objetivos y problema de investigación. A continuación, se detallan cada una de las fases de desarrollo de la investigación:

8.2.1.1 Unidad de análisis.

Mediante exploración de información secundaria, visitas directas y observación se logró definir como unidad de análisis El Ahorro y uso eficiente del agua, analizando, las particularidades y relaciones entre cada unidad productiva que se abastece de agua potable, patrones de consumos y medidas de ahorro y uso eficiente del agua a partir de escenarios de cambio climático y aspectos de la gobernanza del agua. Entre los componentes del sistema están: Fuente abastecedora, sistema de tratamiento de agua potable, redes de distribución,

aspectos de macro y micromedición, actores involucrados en el uso del agua, todos ellos asociados a escenarios de cambio climático.

Como unidad geográfica se encuentra el área de estudio que está compuesta por un área de 17 hectáreas aproximadamente, ubicada en el Municipio de Pitalito Huila, Vereda Aguadas, en dicha área se encuentran la planta de tratamiento de agua potable, las unidades productivas de Agroindustria, Gastronomía, Escuela Nacional de la Calidad del Café, Biocabaña, Agropecuaria, Tic, Laboratorios y áreas administrativas; el sistema de captación de agua se encuentra a 800 metros aproximadamente de la sede Yamboró.

8.2.1.2 Selección de grupos de interés.

Dado que la investigación busca conocer aspectos relacionados con patrones de consumo de agua y conocimiento respecto a aspectos de cambio climático, fue necesario tener en cuenta a los aprendices, instructores y administrativos como grupos de interés, ya que mediante aplicación de encuestas, entrevistas y talleres dirigidos se logró obtener muestras representativas que brindaron información útil para el objeto de la investigación.

Para la ejecución de las entrevistas se elaboró una guía de preguntas que fundamentalmente procuraba conocer, por parte de los consultados, aspectos generales de uso y consumo de agua, además de conocimientos relacionados con cambio climático. El paso a paso para desarrollar esta actividad se describe a continuación:

- Entrevistas grabadas a partir de unas preguntas guía.
- Digitación de entrevistas en un editor de texto.
- Construcción de cuadros o matrices de las categorías referenciadas con sus argumentos.
- Síntesis de los aspectos relevantes en las entrevistas de cada uno, mediante palabras claves.
- Elaboración de encuesta semiestructurada con preguntas asociadas al consumo y uso de agua, prácticas de ahorro de agua y cambio climático, una vez estructurada la encuesta, se procedió a determinar la muestra representativa por cada grupo de interés para ser aplicada y posteriormente tabular la información.

8.2.1.3 Selección de la Herramienta de Trabajo.

Teniendo como base los objetivos de la investigación y asesoría por parte de expertos en el tema, se decidió usar la herramienta MACTOR para analizar la perspectiva de los grupos de interés que tiene injerencia en la toma de decisiones respecto a la gestión del agua, logrando además definir los escenarios de cambio climático y un modelo de gobernanza.

8.2.1.4 Revisión de información secundaria.

Se consultaron los documentos y manuales de la institución relacionados con la temática de la investigación, entre éstos se encuentran la información general del Municipio de Pitalito, Atlas Ambiental y de la Biodiversidad de Pitalito publicado en 2015 por la Administración municipal de Pitalito y otros colaboradores; además se encuentran los manuales de operación de planta de tratamiento de agua potable e informes de su operación del año 2019, elaborados por personal técnico e instructores del SENA.

8.2.1.5 Consulta Bibliográfica

Teniendo en cuenta el problema y los objetivos de la investigación, se consulta la información disponible de acuerdo a las categorías de análisis y la utilidad para la construcción del marco teórico y antecedentes de la investigación, para esto se realiza la consulta en el repositorio de la Universidad de Manizales y diferentes bases de datos a nivel nacional e internacional. También se realiza una exploración de políticas públicas, marco legal y normativo, además es necesario conocer los procedimientos y métodos de análisis para la definición de escenarios asociados al cambio climático y escasez de agua.

8.2.2 Determinación de calidad y cantidad de agua de la fuente abastecedora.

8.2.2.1 Cantidad de agua fuente hídrica.

Para analizar el comportamiento del caudal medio a partir de mediciones realizadas en periodos de lluvia y verano, el método usado es el de flotadores ya que la topografía y condiciones de la fuente hídrica así lo permiten.

Para determinar el caudal en el punto de captación del acueducto Yamboró, ya que no se contaba con molinete, equipo que permite medir el caudal de una fuente hídrica, se aplicó el método de medición de caudal mediante aforo con flotador, para aplicar este método se seleccionó una sección recta de la quebrada, posteriormente se adecuó el lugar de monitoreo, se demarcó una distancia a lo largo del cauce, posteriormente se tomaron datos de profundidad, ancho de la sección y finalmente se determinó la velocidad con el uso de un elemento flotante y a la vez se activaba el cronometro para medir el tiempo, este procedimiento se repitió varias veces para luego obtener promedio (IDEAM, 2004).

Para el cálculo de la velocidad del agua se aplica la siguiente fórmula:

$$V = \frac{D}{t}$$

Donde:

V = Velocidad superficial, m/s

D = distancia recorrida por el elemento flotante (m)

t = Tiempo de recorrido del elemento flotante, (s)

El cálculo del caudal se realiza aplicando la siguiente fórmula:

$$Q = A * V * n$$

Donde:

Q = Caudal, (m³/s)

V = Velocidad del agua, (m/s)

A = Área de la sección transversal, (m²), esta se calcula dependiendo de la figura geométrica que tome la sección.

n = Factor que se da de acuerdo al material del fondo de la quebrada o río.

Tabla 2. Factores de material de fondo del canal

Factor	Material de fondo
0,4 - 0,52	Poco áspero
0,46 - 0,75	Grava con hierba y caña
0,58 - 0,7	Grava gruesa y piedras
0,7 - 0,9	Madera, hormigón o pavimento
0,62 - 0,75	Grava
0,65 - 0,83	Arcilla y arena

Fuente: IDEAM, 2004

8.2.2.2 Índice de Calidad de Agua ICA NSF

Dado que el uso del agua es destinado para consumo humano es importante conocer la calidad del agua de la fuente abastecedora del acueducto Yamboró, por esto la metodología más adecuada para este caso es utilizar los índices de calidad ICA de la National Sanitation Foundation de Estados Unidos (NSF) (Fernandez & Solano, 2005). El índice de calidad de agua “Water Quality Index” (WQI), fue desarrollado en 1970 por la National Sanitation Foundation (NSF) de Estados Unidos, por medio del uso de la técnica de investigación Delphi de la “Rand Corporation’s”.

Para estimar el índice de calidad, WQI_{NSF} , se asignan factores de ponderación a cada una de las variables en las que se fundamenta, de tal forma que éste puede determinarse como:

$$WQI = \sum_{i=1}^9 W_i * Q_i$$

W_i denota el factor de importancia o ponderación de la variable i respecto a las restantes variables que conforman el índice, y Q_i corresponde al factor de escala de la misma. Este último depende de la magnitud de la variable y es independiente de las restantes, y se estima de acuerdo con diagramas construidos para cada variable que permiten llevarlas a

una misma escala antes de ser agregadas en un sólo valor. En la Tabla 3 se presentan los pesos asignados a cada variable.

Tabla 3. Factores de ponderación NSF

Parámetro	Factor Wi
% Saturación de Oxígeno	0,17
Coliformes fecales	0,16
pH	0,11
DBO5	0,11
Nitratos	0,10
Fosfatos	0,10
Temperatura	0,10
Turbiedad	0,08
Sólidos Totales	0,07

Fuente: Fernández & Solano, 2005

Para determinar el valor del subíndice de calidad de agua, se promediaron todas las curvas para producir, de igual manera, una curva promedio para cada contaminante. Luego las curvas fueron graficadas a través del uso de la media aritmética con un límite de confianza del 80% sobre este valor medio.

Para la determinación de cada subtotal se toma el resultado dado por el laboratorio para cada parámetro, dicho valor se debe ubicar en su grafica correspondiente en el eje X y de esta forma se obtiene el valor de Q, luego este se multiplica por el factor de ponderación.

El resultado final es interpretado de acuerdo con la siguiente escala de clasificación, en la que el fondo representa el color correspondiente a cada rango:

Tabla 4. Rango para establecer la calidad del agua según NSF

Calidad del agua	Rango y color
Excelente	91-100
Buena	71-90
Media	51-70
Mala	26-50
Muy Mala	0-25

Fuente: Fernández & Solano, 2005

8.2.3 Descripción general de la sede Yamboró y prestador del servicio de acueducto.

A partir de información secundaria sobre mapas de ubicación geográfica y planos del sistema de acueducto, manuales del sistema de tratamiento de agua potable, entre otros, se detallan las características de cada unidad productiva y el estado actual de las instalaciones

hidráulicas. Se contará con información relacionada con los planos e investigación técnica sobre la infraestructura de captación, redes de aducción, tratamiento, almacenamiento y distribución del agua con los respectivos componentes de macro y micromedición del recurso, conforme a lo determinado en Reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2000.

8.2.4 Diagnóstico del estado actual de la prestación del servicio.

Teniendo en cuenta que el uso del agua es institucional, se realiza la descripción detallada de cada uno de las operaciones unitarias con las que cuenta el sistema de acueducto.

Con base en la información obtenida del consumo de agua a partir del macromedidor y micromedición de cuatro unidades productivas de los años 2014 a 2019, se realiza el análisis de la información mediante base de datos establecida en Excel, para conocer el comportamiento del consumo anual y mensual de cada área en el periodo mencionado.

Además, para identificar la percepción del servicio y patrones de consumo de agua y cambio climático, mediante la aplicación de encuestas a los grupos de interés se analizaron aspectos generales relacionados con el uso eficiente del agua y cambio climático asociado a la escasez de agua, también con el apoyo de entrevistas fue posible identificar otros factores relevantes para el diagnóstico de la prestación del servicio.

8.2.5 Definición de Escenarios de cambio climático.

Con base en la información encontrada, el diagnóstico del sistema de acueducto y el análisis del comportamiento en el periodo de 45 años (1972 a 2016) de las temperaturas y precipitaciones a partir de datos obtenidos de la estación Sevilla del IDEAM, se definieron los escenarios de cambio climático tendencial, posible e ideal a partir de la Metodología planteada en la Tesis Doctoral “La cuestión territorial, la planificación y las políticas públicas en el análisis de la vulnerabilidad y la resiliencia socio-ambiental. El caso de la extracción de material de arrastre en la cuenca del río Chinchiná, Colombia” ((Pineda, 2018).

8.2.6 Formulación de medidas de gestión de ahorro y uso eficiente del agua y modelo de gestión de gobernanza de agua.

Mediante el análisis de interacción de los actores que tienen injerencia en el manejo del recurso hídrico en la zona de influencia del centro de formación Tecnoparque Agroecológico Yamboró mediante el uso del software MACTOR, se analizaron los escenarios posibles que permitan desarrollar las medidas de gestión para establecer el uso sostenible del recurso hídrico en la zona de influencia del Tecnoparque Yamboró, y finalmente se plantea un modelo de gestión de gobernanza donde se involucren las medidas de gestión con los actores a partir del nivel internacional, nacional, regional y local, de acuerdo a las condiciones del sistema de acueducto, para esto se plantean medidas en torno a:

- Protección y conservación de la fuente abastecedora.
- Optimización del sistema de captación.
- Mantenimiento y optimización de la macromedición.
- Ampliación de la micromedición.
- Reducción de pérdidas.
- Optimización de redes.
- Control de fugas.
- Instalaciones hidrosanitarias ahorradoras de agua
- Programa de educación ambiental para el Ahorro y Uso Eficiente del Agua.

Una vez definidas las medidas de gestión, se brinda de esta forma una herramienta con sustento investigativo que permita mejorar la gestión del recurso hídrico dentro del centro de formación y su área de influencia.

8.3 Diseño de instrumentos

En la siguiente tabla se detallan los instrumentos que usan en la investigación:

Tabla 5. Técnicas e Instrumentos de recolección de información

Técnica	Instrumentos	Propósito
Observación	Bitácoras de campo, fotografías.	Identificar aspectos asociados al funcionamiento del sistema de

		acueducto y a unidades productivas.
Entrevistas semiestructuradas	Guía de preguntas	Investigar lo relacionado con conocimientos, funciones, beneficios, influencias y relacionamientos entre los actores del sistema de acueducto.
Encuesta semiestructurada	Cuestionario	Analizar aspectos ambientales y de cambio climático relacionados con el ahorro y uso eficiente del agua.
MACTOR®	Escenarios de Desarrollo Territorial asociados al cambio climático y escasez de agua	Indagación de soluciones o alternativas a los conflictos actuales
Juego de Actores	Posiciones e intereses de los actores.	Objetivos, intereses, influencias de los actores.

Fuente: Elaboración propia con base en metodología propuesta por Pineda, 2018

Observación: Visitas y recorridos por la zona de estudio para observar el estado actual de red de distribución, micromedidores, fugas, entre otros aspectos ambientales, actividad que generan altos consumos de agua, entre otras. La información se registrará libretas de campo, y fotografías.

Encuestas: Se realizarán encuestas a aprendices, instructores y personal administrativo con preguntas cerradas para tener información concreta respecto a aspectos de uso y consumo de agua y cambio climático. Se establecerá un número de encuestas de tal forma que sea representativo teniendo en cuenta el total de aprendices, instructores, administrativos y operarios.

Entrevistas: Se realizarán entrevistas de tipo semiestructurada a actores importantes dentro del estudio y profesionales expertos, se busca identificar las opiniones tanto personales como institucionales en lo relacionado con el ahorro y uso eficiente del agua.

Con la entrevista semiestructurada se proyecta identificar aspectos socioambientales y también se busca conocer las posibles soluciones desde la percepción de cada actor respecto al uso eficiente del agua y mecanismos de adaptación al cambio climático.

La entrevista estará dividida en dos partes, la primera busca investigar sobre el conocimiento de aprendices, instructores y personal administrativo en relación a las consecuencias del cambio climático y la escasez de agua. El segundo componente proyecta identificar la apreciación de los actores respecto a sobre lo que podría pasar en el centro de formación si las condiciones climáticas varían y lo que ellos consideran que desde la gestión institucional se está haciendo para afrontar el problema.

8.4 Etapas de campo

El trabajo de campo consiste en recorridos de observación y donde se evidencie estado del sistema de acueducto desde la Bocatoma hasta la red de distribución, además del estado actual de las áreas productivas respecto a las unidades hidrosanitarias. Igualmente, en campo se realizan la identificación del estado de la red con el fin de identificar aspectos técnicos relevantes, además se inspecciona el estado de tanques de almacenamiento. En cuanto al levantamiento de información de consumos de agua se realizaron registros de lecturas en el macromedidor y las cuatro unidades productivas que cuentan con micromedidores, estos registros se realizan en el periodo 2014 – 2019.

8.4.1 Determinación de la muestra.

Para la aplicación de la encuesta que busca analizar aspectos de uso, consumo de agua y cambio climático, se tuvo en cuenta aprendices, instructores y administrativos por cada área de formación (ambiental, agropecuaria, Tic, bioconstrucción, gastronomía y procesamiento del café), para lo cual se toma como referencia una muestra no probabilística intencionada, la cual correspondió a un 13% del total de la población diaria de la sede Yamboró, ya que la investigación no es estrictamente cuantitativa, para este caso la población media es de 400 personas, por lo que se determinó aplicar la encuesta a 56 personas, seleccionadas al azar y teniendo como criterio que hayan ingresado al centro de formación en un periodo superior a un trimestre, esto buscando que las personas encuestadas

tengan un mayor conocimiento del funcionamiento del acueducto Yamboró y de aspectos afines al desarrollo de actividades diarias.

8.5 Procesamiento y Sistematización de Información

Las encuestas fueron sistematizadas y tabuladas para mostrar mediante gráficos estadísticos los resultados por cada grupo de instructores, aprendices y personal de apoyo. El análisis de consumos de agua se realizará mediante estructuración de base de datos en Excel con el fin de obtener datos de consumos anuales y mensuales para el centro de formación y para cada unidad productiva.

Con respecto a las entrevistas, fueron sistematizadas teniendo en cuenta las grabaciones y posteriormente se identificaron las opiniones relevantes para la investigación en cuanto a las temáticas de uso eficiente del agua y cambio climático.

Para el análisis de la interacción de los actores se utiliza el Software MACTOR: Este método MACTOR se usa en proyectos de investigación para crear relaciones entre los actores del sistema objeto de estudio y tener material para el análisis y definición de escenarios.

La siguiente descripción textual del método MACTOR, es tomada del documento: “La cuestión territorial, la planificación y las políticas públicas en el análisis de la vulnerabilidad y la resiliencia socio-ambiental. El caso de la extracción de material de arrastre en la cuenca del río Chinchiná, Colombia”. Pág. 132 - 133.(Pineda, 2018).

El método de análisis de juegos de actores, MACTOR® busca valorar las relaciones de fuerza entre los actores y estudiar sus convergencias y divergencias con respecto a un cierto número de posturas y de objetivos asociados. A partir de este análisis, el objetivo de la utilización del método MACTOR® es el de facilitar a un actor una ayuda para la decisión de la puesta en marcha de su política de alianzas y conflictos.

El método presenta la ventaja de tener un carácter muy operacional, para una gran diversidad de juegos, implicando numerosos actores frente a una serie de posturas y de objetivos asociados.

El método MACTOR® tiene un cierto número de limitaciones, principalmente concernientes a la obtención de información necesaria, como por ejemplo la resistencia de los actores a revelar sus proyectos estratégicos y los medios de acción externos. Existe una parte irreductible de confidencialidad. El método presupone un comportamiento coherente de todos los actores en relación a sus finalidades, lo cual se encuentra a menudo en contradicción con la realidad.

En referencia a las herramientas propuestas, el programa MACTOR® tal y como funciona actualmente, no requiere más que dos cuadros de datos a partir de los cuales se obtienen múltiples páginas de listados de resultados y de esquemas. Es el principal peligro de acecha a la utilización del método, uno se deja llevar por la cantidad de resultados y comentarios que suscitan, olvidándose de que todo depende de la cantidad de los temas más pertinentes.

9. Resultados y discusión

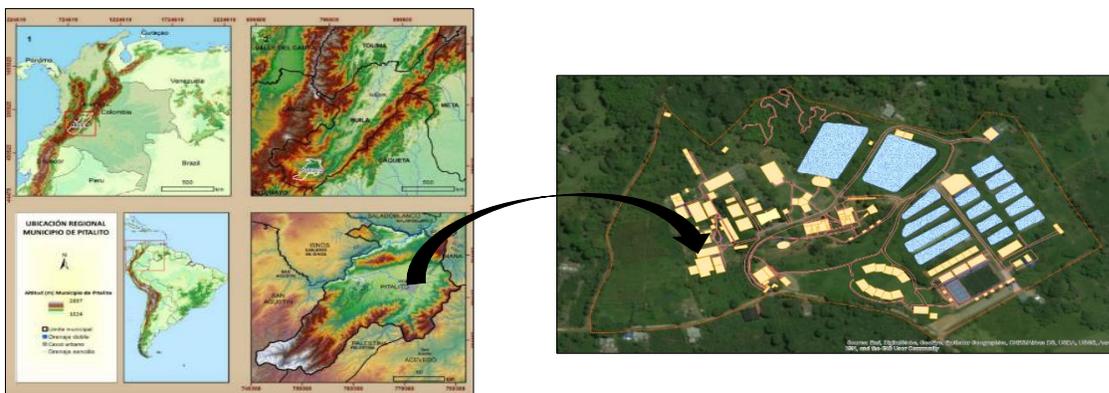
9.1 Diagnóstico sistema de acueducto

Para realizar el diagnóstico del sistema de acueducto se tienen en cuenta los aspectos relacionados con la fuente abastecedora, planta de tratamiento de agua, redes de distribución, consumos de agua y percepción de la comunidad.

9.1.1 Área de estudio.

El Tecnoparque Agroecológico Yamboró hace parte del Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano (CGDSS), se encuentra ubicado al noroccidente del municipio de Pitalito departamento del Huila, Colombia; cuenta con una temperatura media de 22°C y altitud de 1318 msnm. Es un centro de Formación que brinda formación en niveles técnico y tecnológico, perteneciente al Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), con un área estimada de 17 hectáreas, en las cuales se encuentran distribuidas las unidades productivas, los ambientes de formación, laboratorios para prácticas y áreas comunes (áreas administrativas, auditorios, biblioteca, baterías sanitarias, complejo deportivo). La figura 3 muestra la ubicación respecto del área de estudio (Trujillo, 2019).

Figura 3. Ubicación y distribución de áreas sede Tecnoparque Agroecológico Yamboró, Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano.

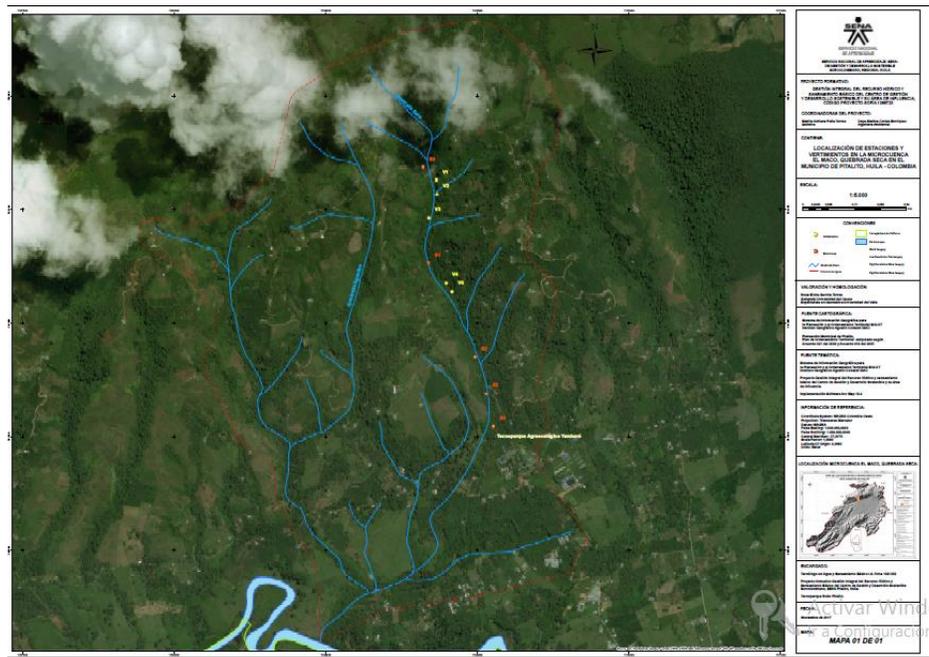


Fuente: Atlas Ambiental y de la Biodiversidad Pitalito, 2015 - Sena, 2018

9.1.2 Caudal fuente abastecedora acueducto Yamboró.

La fuente abastecedora del acueducto Yamboró se denomina Quebrada Seca, se encuentra ubicada en la microcuenca denominada El Maco, la cual está ubicada en el municipio de Pitalito, al noroccidente del municipio, sobre el flanco oriental de la Serranía de Chillurco, sobre la vereda Aguadas (Figura 4); hace parte del corregimiento Chillurco y es fuente abastecedora del corregimiento Mira Valle, al cual pertenecen las veredas Monte bonito y Aguadas. Su ubicación geográfica corresponde a las coordenadas $76^{\circ} 5' 57.25''$ y a $1^{\circ} 53' 0.88''$ sobre la desembocadura del Río Guarapas y a $76^{\circ} 5' 43.50''$ y $1^{\circ} 54' 56.27''$ sobre la parte alta de su nacimiento. La microcuenca El Maco, quebrada Seca, limita al norte con la vereda Montebonito, al oriente con la vereda Aguadas, al occidente con la vereda La Paz y al sur con la vereda el Danubio. La extensión es de 452,60 hectáreas y su altitud se encuentra entre los 1.240 y 1.845 metros sobre el nivel del mar (SENA, 2012).

Figura 4. Localización Geográfica Microcuenca El Maco, Quebrada Seca

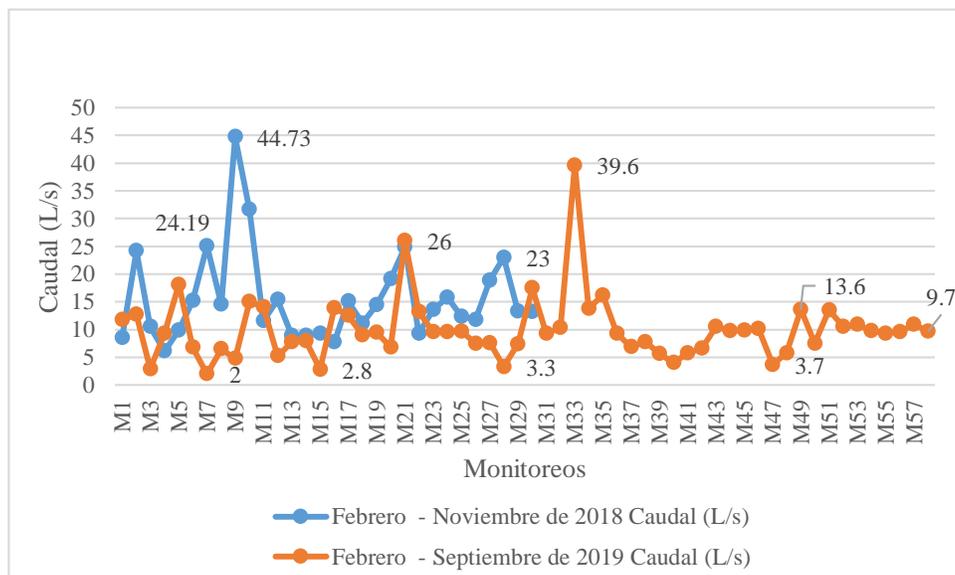


Fuente: Sena, 2018

Actualmente el centro de formación cuenta con el permiso de concesión de aguas por un caudal de 3.42 L/s, por ende se debe realizar monitoreos constantes con el fin de conocer

el comportamiento del caudal de la Quebrada Seca, por esto se realizaron monitoreos de medición de caudal en el punto de captación, usando el método por flotadores, dichos monitoreos se realizaron en el año 2018 y hasta el mes de Septiembre de 2019, en la figura 5 puede observarse la variabilidad del caudal en diferentes épocas del año, el rango de caudal encontrado fue de 2 L/s hasta 44.73 L/s, lo cual evidencia que la fuente es altamente susceptible a las variabilidad climática. Además de las actividades antrópicas que contribuyen con el deterioro de la fuente hídrica, generando un gran riesgo de desabastecimiento para el acueducto Yamboró. lo cual concuerda con las proyecciones para 2030 realizadas por el Ministerio de Vivienda, donde se proyecta que el 27% de las comunidades en Colombia tendrían un alto riesgo de desabastecimiento de agua, haciendo más difícil cumplir las metas de gestión integral del agua (Perez & Pineda, 2019).

Figura 5. Comportamiento del Caudal periodo 2018 -2019



Fuente: El autor

9.1.3 Calidad de agua fuente abastecedora.

Para analizar la calidad de agua de la fuente abastecedora del acueducto Yamboró (Quebrada Seca), en el punto de captación de agua, se aplicó el Índice de Calidad de Agua (ICA), teniendo en cuenta la metodología NSF, para este caso se tomaron datos promedio a partir de cuatro análisis fisicoquímicos y microbiológicos de agua, los cuales fueron

analizados en el laboratorio de Aguas y Suelos del Centro de Formación, la aplicación del ICA se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 6. Cálculo Índice de calidad de Agua NSF, punto de captación de agua acueducto Yamboró

Parámetro	Resultado*	Q-valor	F	Sub total
DBO ₅	16,37 mg/L	18	0,12	2,16
pH	8,12	92	0,12	11,04
ΔTemperatura	1,02 °C	91	0,11	10,01
Turbiedad	180 UNT	5	0,09	0,45
Fosfatos	0,058 mg/L	98	0,11	10,78
Nitratos	0,304 mg/L	95	0,11	10,45
Sat. de Oxígeno	95,9%	94	0,18	16,92
Coliformes Fecales	67180 UFC/100 mL	8	0,17	1,36
Sumatoria del Índice				63,17

*Resultados obtenidos en Laboratorio de Aguas y Suelos del Centro de Formación
Fuente: SENA, 2019

El resultado final es interpretado de acuerdo con la escala de clasificación mostrada en la metodología, en la que el fondo representa el color correspondiente a cada rango.

Tabla 7. Rango para establecer la calidad del agua según NSF

Calidad del agua	Rango y color
Excelente	91-100
Buena	71-90
Media	51-70
Mala	26-50
Muy mala	0-25

Fuente: Fernández & Molano, 2005

Por lo tanto, la calidad del agua superficial en el punto de captación en la Quebrada Seca se clasifica como MEDIA.

9.1.4 Componentes sistema de acueducto Yamboró.

9.1.4.1 Captación.

La captación se realiza por medio de una bocatoma de fondo, consta de una cámara de derivación en concreto con dimensiones de 2,38 m de longitud por 1,60 m de ancho y se encuentra en regular estado. También cuenta con una compuerta lateral metálica tipo guillotina de 0,3 metros x 0,3 metros con guías de ángulo torre de manejo y vástago de extensión. La rejilla de fondo está construida de tal manera que ocupa el ancho de la presa,

ésta tiene una longitud de 1,9 metros por 0,50 metro de ancho. (Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena, 2016). Se encuentra en regular estado y con riesgo de colapso por eventos erosivos.

Figura 6. Bocatoma, Acueducto Yamboró



Fuente: El autor

9.1.4.2 Desarenador.

Esta unidad está conformada por un tanque en material concreto reforzado y su flujo es de tipo horizontal, en esta parte del sistema de acueducto lo que se busca es retener las partículas más pesadas, logrando se depositen en el fondo del tanque antes de su extremo de salida. Esta unidad evita posibles taponamientos de las tuberías generados por la presencia en el agua de arena, grava, lodo, entre otros (Ruiz, 2013).

El desarenador se encuentra ubicado aproximadamente a 200 metros de la bocatoma, , la unidad de desarenado cuenta con un tanque 1.0 m x 3 m x 2,5 m, con tapa, pozo de inspección, válvulas con Bypass para control de flujo de entrada y salida del agua, de allí se conduce el agua para el tanque de agua cruda. Dadas las condiciones de calidad del agua cruda, se debe realizar mantenimiento una vez por mes, con el fin de evitar colapso y taponamientos de las tuberías de aducción, el desarenador se encuentra en regular estado y requiere adecuaciones hidráulicas para optimizar su funcionamiento.

Figura 7. Desarenador acueducto Yamboró



Fuente: El autor

9.1.4.3 Tanque de almacenamiento de agua cruda.

El sistema de acueducto de Yamboró cuenta con un tanque de almacenamiento de agua cruda con una capacidad de 63 m³, con unas medidas de 8.4 m x 2.50 m x 3 m, construido en concreto reforzado, cuenta una válvula de 1 ½” y otra válvula de 2” para control de ingreso del agua que proviene de la red de aducción, además cuenta con una válvula de desagüe de 4” para realizar labores de mantenimiento. Esta unidad permite almacenar el agua para abastecer a las áreas productivas que requieren del uso de agua cruda y además se realiza un proceso de pre sedimentación, evitando que lleguen altos niveles de turbiedad a la planta de tratamiento de agua potable.

Figura 8. Tanque de almacenamiento de agua cruda



Fuente: El autor

9.1.4.4 Planta de tratamiento de agua potable (PTAP).

La PTAP Yamboró está diseñada para tratar un caudal máximo de 1 L/s, sin embargo, el caudal promedio tratado es de 0,61 L/s y la planta se opera durante 12 horas aproximadamente por día, lo cual equivale a 26,4 m³ potabilizados por día, esto garantiza el abastecimiento de las unidades productivas de Gastronomía, Agroindustria, Escuela Nacional de la Calidad del Café, Laboratorios, Biocabaña, área pecuaria, áreas administrativas y unidades sanitarias. A continuación, se describen cada una de los procesos unitarios de la PTAP Yamboro²:

Área de preparación y dosificación de soluciones: Dado que la PTAP trata un caudal mínimo, es necesario realizar la dilución del coagulante (Hidroxiclورو de Aluminio) al 1% y del desinfectante (Hipoclorito de Sodio) al 0,8%, por lo cual en este procedimiento se realiza diariamente la preparación de estas soluciones y posteriormente se dosificación teniendo de acuerdo a los requerimientos técnicos.

Una vez es calculada la dosis de coagulante y desinfectante, mediante dos microbombas se dosifican las soluciones, éstas son usadas para dosificar líquidos con mayor precisión. Actualmente se usan bombas dosificadoras analógica y regulable modelo TEKNA EVO AKS, las cuales según ficha técnica son de última generación de bombas dosificadoras electromagnéticas micro procesada (SENA, 2019).

Figura 9. Área de preparación y dosificación de soluciones



Fuente: El autor

² Manual PTAP Yamboró, Sena 2019

Canal de mezcla y medición de caudal: Es el punto donde el agua cruda hace contacto con el coagulante para iniciar el proceso de potabilización. La Canaleta está fabricada en acero inoxidable y tiene 2.2 m x 0.4 m x 0.25 m alto con 6 placas de desviación de 0,25 x 0,25 m, separadas 0,15 m y ubicadas a 0,80 m del ingreso del agua, para realizar la medición de caudal se tiene un vertedero de tipo triangular y resalto hidráulico ubicado a 0,45 m de la última placa para realizar aireación del agua (SENA, 2019). La unidad se encuentra en buen estado y permite la mezcla entre el agua cruda y el coagulante.

Figura 10. Canaleta de mezcla y medición de caudal



Fuente: El autor

Floculación: Una vez se realiza la mezcla del coagulante con el agua cruda, inicia el proceso de floculación, el cual permite que las partículas o sólidos suspendidos que trae el agua se aglutinen y formen los “flocs”, iniciando de esta forma la clarificación del agua. El floculador es de flujo vertical y está dividido en tres secciones, tiene una capacidad total de 1728 litros y un periodo de retención de 48 minutos. Está construido en acero inoxidable y tiene 1.2 m x 1.2 x 1.2 m, con dos divisiones internas a lo ancho de 1.2 m x 1.2 m. El Sistema de floculación compuesto por 5 láminas de 0,40 m x 0,85 m; 4 láminas de 0,40 x 0,80 m y 3 láminas de 0,40 m x 0,75 m (SENA, 2019). para realizar mantenimiento cuentacon tubería de desagüe ubicada en la parte inferior y válvula de control manual, las

tuberías de conexión se encuentran en regular estado, ya que en ocasiones presenta fugas de agua.

Figura 11. Floculador PTAP Yaboró



Fuente: El autor

Sedimentación: Operación unitaria de alta tasa con flujo ascendente y módulos de sedimentación, el tanque posee una capacidad de 4080 litros y un periodo de retención de 113,3 minutos. Está fabricado en acero inoxidable de 2 m x 1.2 m x 1.7 m, una vez el agua asciende es conducida a una tolva de almacenamiento por dos canales dentados de 0.15 alto x 0.1 ancho x 2.0 m de largo y para optimizar el proceso de sedimentación se tienen instaladas 20 placas de 0.8 x 1.2 m de largo ubicadas con inclinación a 45° y espaciadas en promedio 7 cm. En el fondo del tanque están instalados 2 tubos de 2" de 2 m de largo con 10 perforaciones de ½" para la distribución del agua floculada (SENA, 2019). La unidad se encuentra en regular estado, presenta fugas en la parte inferior y placas sin soldadura.

Figura 12. Sedimentador PTAP Yaboró



Fuente: El autor

Filtración: Una vez el agua culmina el proceso de sedimentación, es conducida por medio de tubería de 3" hacia las unidades de filtración, la PTAP cuenta con dos unidades cilíndricas de flujo ascendente y lavado mutuo, con capacidad de 1000 litros cada uno y un periodo de retención de 27,7 minutos. Ambas unidades están fabricadas en acero inoxidable

y tienen medidas de 0.8 m de diámetro x 2.0 m de alto. El lecho filtrante consta de un falso fondo de 0.8 m de diámetro con 30 difusores de agua instalados en la base del falso fondo para cada unidad, ubicado a 0.1 m de la base del filtro, posteriormente se encuentra una capa de grava, gravilla y antracita (SENA, 2019). La unidad se encuentra en buen estado y requiere de mantenimientos general mensual y se debe realizar retrolavado cuando se presentan altos niveles de turbiedad en al agua que ingresa a la PTAP.

Figura 13. Filtro PTAP Yamboró



Fuente: El autor

Desinfección: Luego de remover la turbiedad y color que trae el agua cruda, se realiza el proceso de desinfección, mediante el cual se eliminan los microorganismos patógenos con la aplicación por goteo de hipoclorito de sodio, este es un factor fundamental para mantener la calidad del agua y cumplir con los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que exige la normatividad vigente, el monitoreo de cloro residual libre se realiza dos veces por día en el punto de control establecido en la unidad productiva de Gastronomía y Agroindustria.

Tanque de almacenamiento de agua potable: Los tanques de agua son un elemento fundamental en una red de abastecimiento de agua potable, para compensar las variaciones horarias de la demanda de agua potable. (Innovar Reparaciones y Construcciones S.A.S., 2015). Finalizado el proceso de potabilización, a la salida de la planta de tratamiento se encuentra un tanque principal de almacenamiento de agua, fabricado en concreto reforzado (SENA, 2019). El tanque de almacenamiento garantiza una permanente disponibilidad de agua en las principales unidades productivas de la sede Yamboró, la cual necesitan el suministro diario de agua potable, para ello es necesario que haya un volumen aproximado de 15000 litros almacenados para el normal funcionamiento diario del centro de formación.

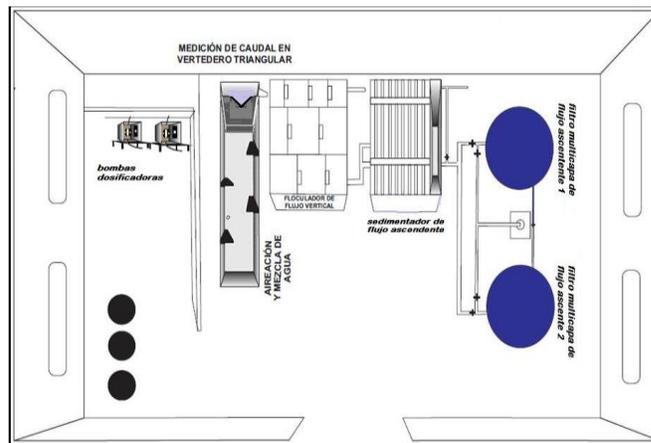
En las siguientes figuras puede observarse la infraestructura general de la planta de tratamiento y la distribución de las unidades de tratamiento.

Figura 14. Infraestructura Planta de Tratamiento de Agua Potable Yamboró



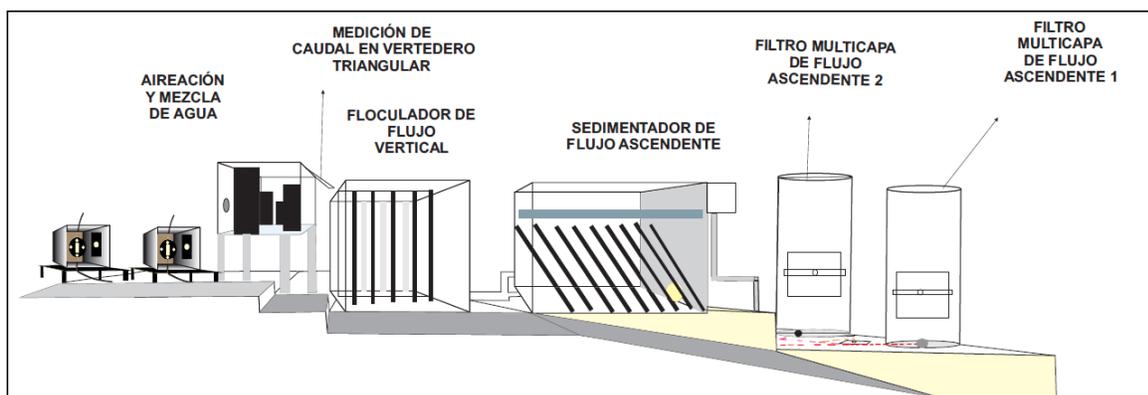
Fuente: El autor

Figura 15. Vista en Planta PTAP Yamboró



Fuente: SENA, 2008

Figura 16. Vista en perfil PTAP Yamboró



Fuente: SENA, 2008

9.1.5 Consumo de agua potable.

9.1.5.1 Consumo total de agua potable por periodo estudiado

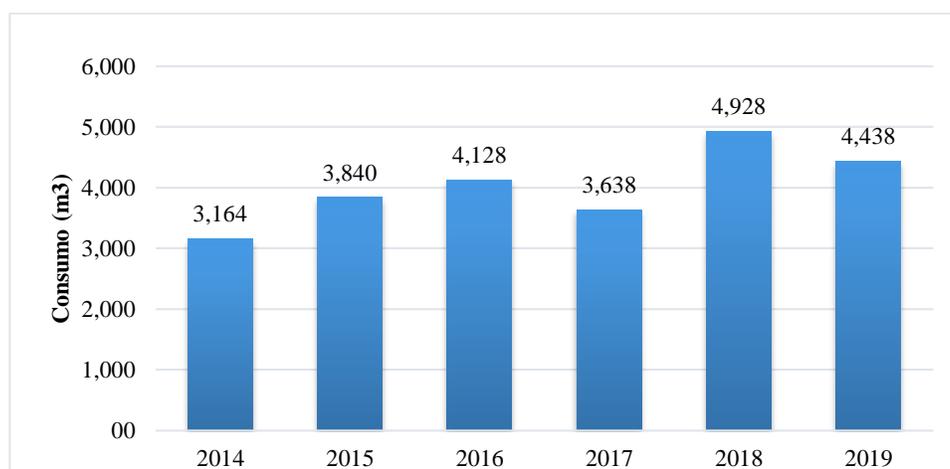
A partir de los registros realizados de manera continua, se logró conocer el consumo total de agua potable por periodos mensuales presentado por el centro de formación en su sede Tecnoparque Agroecológico Yamboró, el volumen total de agua entregada fue calculado teniendo en cuenta los datos arrojados por el macromedidor ubicado a la salida del tanque de almacenamiento. Tal como se observa en la tabla 8 y la figura 17, los datos fueron registrados teniendo en cuenta el periodo académico, el cual inicia desde el mes de febrero y termina en el mes de noviembre, los resultados muestran que el periodo de 2018 fue el que mayor consumo presentó con 4927,6 m³ de agua consumidos en el periodo de estudio, el menor consumo se dio en el año 2014 con 3164,1 m³, esto puede deberse a que en este periodo existía menos población y áreas productivas que no requerían del servicio de agua potable. El alto consumo en 2018, se dio no solo por el consumo neto, también porque se presentaron pérdidas de agua por fugas y daños en la red de distribución. Respecto al consumo medio mensual, éste fue de 402,3 m³, el consumo total en los seis periodos estudiados fue de 24136 m³.

Tabla 8. Consumo de agua potable por mes en el periodo de estudio 2014 – 2019 (m³)

Año	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	Total (m ³)
2014	263.0	456.6	342.1	311.4	188.0	252.0	373.0	396.0	300.0	282.0	3164.1
2015	219.8	455.9	519.9	442.3	240.8	448.6	469.0	310.5	365.2	367.9	3839.9
2016	350.0	351.0	356.0	511.0	487.0	338.0	422.0	499.0	348.0	466.0	4128.0
2017	151.0	254.5	217.8	410.6	366.0	247.1	478.4	423.1	571.2	518.3	3638.1
2018	329.6	362.7	427.4	617.5	494.1	429.5	505.1	502.5	682.7	576.6	4927.6
2019	385.3	430.8	449.8	534.9	351.8	427.1	480.6	424.2	513.3	440.5	4438.3
Total	1698.7	2311.5	2313.0	2827.6	2127.7	2142.3	2728.1	2555.3	2780.3	2651.3	24136.0

Fuente: El autor

Figura 17. Consumo de agua potable por mes en el periodo de estudio 2014 – 2019 (m³)

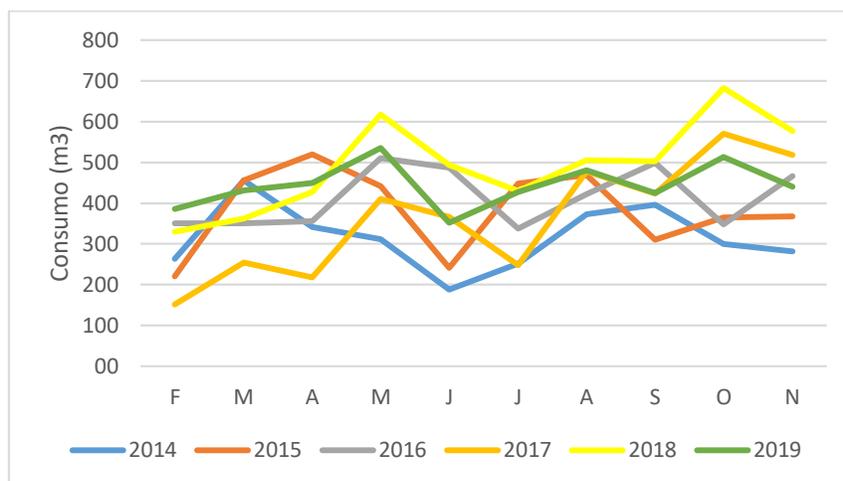


Fuente: El autor

Respecto al comportamiento del consumo mensual, tal como se observa en la figura 18, el año 2018 presentó los mayores picos de consumo, generando consumos mensuales de 617 m³ y 687 m³, lo cual incrementó de manera importante el consumo general de agua en el centro de formación, según inspecciones de campo se evidenció la presencia de fugas en tanques de almacenamiento y redes de distribución, para este caso tal como lo afirma Trujillo, 2017 en su investigación, el elevado consumo de recursos, en este caso, del agua en

las Instituciones de Educación no son sustentables, generando un problema ambiental que conlleva al agotamiento de este recurso.

Figura 18. Comportamiento del consumo de agua por periodo mensual (2014 – 2019)



Fuente: El autor

9.1.5.2 Consumo de agua potable por unidad productiva.

El consumo de agua de las unidades productivas se realizó con aquellas donde se tenía registro de micromedición desde el año 2014, buscando correspondencia con el periodo de registro de los datos de consumo total del centro de formación. La tabla 9 y la figura 19 se detalla el consumo de agua de las unidades productivas denominadas Biocabaña, Agroindustria, Gastronomía y Escuela Nacional de la Calidad del Café, la que mayor consumo presentó fue Gastronomía. Comparando los registros del consumo total del centro de formación con el consumo acumulado de las cuatro unidades productivas, están representan el 45.3%, lo cual indica la necesidad de incrementar la micromedición y registro para todas las áreas, esto además impide calcular el índice de agua no contabilizada.

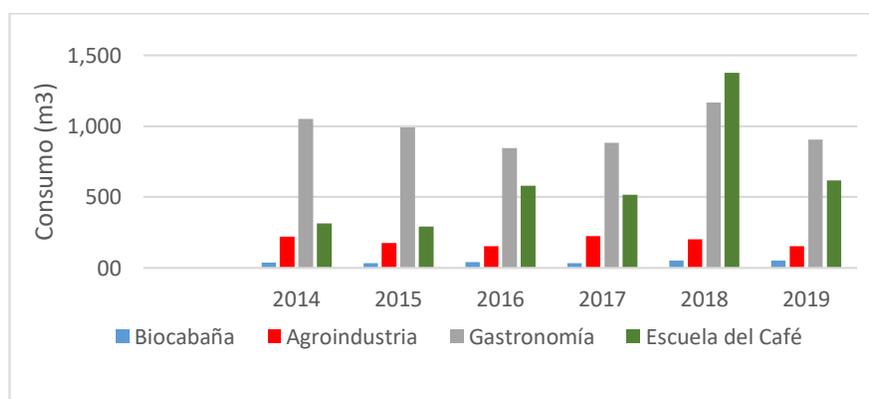
Los datos históricos muestran que los meses de agosto, octubre y noviembre son los que generaron mayor consumo de agua en las unidades productivas analizadas (Tabla 10), la unidad Gastronomía en general presentó el mayor consumo, ya que por sus características y servicios que presta requiere mayor demanda del servicio de acueducto.

Tabla 9. Consumo de agua potable total por unidad productiva (m3)

Unidad productiva	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Consumo total en los seis periodos (m ³)
Biocabaña	37.9	32.8	41.5	34.2	53.6	54.0	200.0
Agroindustria	219.9	175.2	155.3	224.6	203.5	154.4	978.5
gastronomía	1051.6	992.4	844.3	881.1	1165.6	905.3	4935.0
Escuela del Café	314.7	291.5	580.9	517.1	1375.5	616.1	3079.7
Total	1624.1	1492.0	1622.0	1657.0	2798.1	1729.8	10923

Fuente: El autor

Figura 19. Consumo de agua total por unidad productiva



Fuente: El autor

Tabla 10. Consumo detallado de consumos de agua por unidades productivas

Mes	Unidad productiva	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Consumo Total (m3)
Febrero	Biocabaña	0.48	5.40	0.00	3.60	3.10	8.10	624.2
	Agroindustria	15.96	4.97	0.65	10.65	7.00	10.80	
	Gastronomía	15.96	112.20	22.80	51.89	112.50	73.00	
	Escuela del Café	18.27	21.90	17.60	21.44	73.20	12.70	
Marzo	Biocabaña	4.11	6.12	0.00	2.34	3.60	5.20	1180.9
	Agroindustria	24.94	32.70	15.72	16.89	21.40	13.40	
	Gastronomía	151.51	138.47	75.28	92.32	131.20	111.80	
	Escuela del Café	35.40	43.81	60.41	40.75	79.40	74.10	
Abril	Biocabaña	3.16	8.60	0.20	0.65	4.50	12.30	1055.8
	Agroindustria	14.02	24.01	7.48	14.89	28.80	15.10	
	Gastronomía	87.26	122.00	80.19	61.52	100.90	79.10	
	Escuela del Café	23.88	51.30	48.90	36.09	146.10	84.80	
Mayo	Biocabaña	1.99	6.61	5.20	7.36	3.90	7.00	1264.5
	Agroindustria	15.63	32.15	12.74	23.77	23.70	18.50	

	Gastronomía	114.31	120.70	88.88	92.37	147.00	120.40	
	Escuela del Café	15.11	28.36	60.94	59.64	175.10	83.10	
	Biocabaña	1.57	0.28	3.10	1.30	10.20	4.30	
Junio	Agroindustria	10.84	14.63	13.40	12.10	20.60	7.20	814.8
	Gastronomía	50.49	94.63	77.20	80.30	108.00	73.40	
	Escuela del Café	16.50	15.30	22.00	15.80	116.20	45.50	
	Biocabaña	1.30	0.04	2.40	6.38	2.00	3.80	
Julio	Agroindustria	10.50	11.58	13.00	13.36	12.10	16.60	948.4
	Gastronomía	68.30	111.14	69.20	57.10	104.80	66.00	
	Escuela del Café	32.50	43.86	62.40	36.56	133.70	69.80	
	Biocabaña	5.60	0.03	12.10	1.96	0.88	4.20	
Agosto	Agroindustria	29.00	19.43	18.10	28.45	22.96	16.40	1306.3
	Gastronomía	118.20	108.05	112.50	109.93	118.08	98.00	
	Escuela del Café	40.73	48.42	69.30	76.79	171.29	75.90	
	Biocabaña	7.80	0.01	2.02	0.73	4.30	3.20	
Septiembre	Agroindustria	39.00	4.30	32.13	24.89	15.30	13.90	1153.0
	Gastronomía	154.30	41.40	112.60	95.19	115.80	98.00	
	Escuela del Café	39.76	34.10	66.70	69.52	122.70	55.30	
	Biocabaña	8.20	0.02	8.14	1.36	16.37	6.50	
Octubre	Agroindustria	28.40	4.27	21.60	56.75	25.10	19.30	1301.6
	Gastronomía	145.50	18.39	111.20	135.13	132.48	101.10	
	Escuela del Café	32.13	34.27	55.31	92.82	190.54	56.70	
	Biocabaña	3.70	5.72	8.34	8.56	6.70	3.20	
Noviembre	Agroindustria	31.60	27.20	20.50	22.88	26.50	23.20	1345.2
	Gastronomía	145.80	125.40	94.50	105.32	94.80	84.50	
	Escuela del Café	60.44	35.90	117.30	67.67	167.30	58.20	

Fuente: El autor

9.1.6 Instalaciones hidrosanitarias centro de formación, Tecnoparque Agroecológico Yamboró.

Mediante inspección en campo, se logró identificar el tipo y cantidad de instalaciones hidrosanitarias, las cuales se clasificaron como grifos, puntos de riego, sanitarios, duchas y orinales, en total la sede cuenta con 189 instalaciones.

Tabla 11. Instalaciones hidrosanitarias sede Yamboró

Unidad productiva	Tipo de instalación	Cantidad	Estado
	Grifo	6	Bueno
Agrícola	Puntos de riego	16	3 Malo 12 Bueno
Agroindustria	Grifo	6	Bueno
	Sanitario	2	Malo
	Grifo	26	24 Bueno

Escuela del Café			2 Malo
	Sanitarios	8	Bueno
	Orinales	2	Bueno
Gastronomía	Grifos	14	Bueno
	Sanitarios	8	Bueno
	Orinales	2	Bueno
	Ducha	1	Bueno
Laboratorios	Grifos	11	Bueno
Vivero	Grifo	1	Bueno
Pecuaría	Grifos	50	3 Malo
			47 Bueno
Centro de acopio de residuos sólidos	Grifo	1	Bueno
	Ducha	1	Bueno
Áreas administrativas y áreas comunes	Sanitarios	9	Bueno
	Orinales	2	Bueno
	Grifos	10	1 Malo
			2 Bueno
	Ducha	1	Bueno
	Sanitarios	4	Bueno
Biocabaña	Duchas	4	Bueno
	Grifos	4	Bueno

Fuente: El autor

De las 189 unidades hidrosanitarias, 129 corresponden a grifos, 31 a sanitarios, 6 a orinales, 16 a puntos de riego y 7 a duchas; respecto al estado, 11 instalaciones presentan fallas ocasionando fugas y pérdidas de agua en la red de distribución. En relación con el estudio realizado por Trujillo, 2017 donde se encontraron 194 instalaciones, se reduce un 2,5% la cantidad de éstas, lo cual se debe a la eliminación principalmente de grifos en diferentes puntos del centro de formación.

9.1.7 Capacidad de almacenamiento de agua.

El Tecnoparque Yamboró actualmente cuenta con capacidad de almacenamiento de 48 m³ para agua cruda y 64 m³ para agua potable, esto buscando generar medidas para contrarrestar posibles contingencias por fallas en la captación o fallas en la operación de la planta de tratamiento por altos niveles de turbiedad. La característica de cada tanque se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 12. Características tanques de almacenamiento de agua

No	Capacidad (m ³)	Material de fabricación	Tipo de agua almacenada
1	42	Concreto	Cruda
2	2	Plástico	Cruda
3	2	Plástico	Cruda
4	2	Plástico	Cruda
5	32	Concreto	Potable
6	3	Plástico	Potable
7	10	Plástico	Potable
8	6	Concreto	Potable
9	3	Plástico	Potable
10	5	Plástico	Potable
11	5	Plástico	Potable

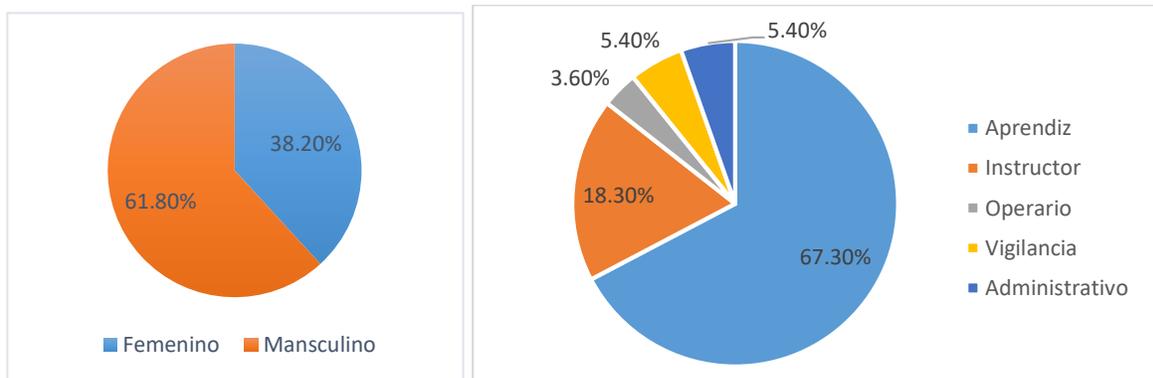
Fuente: El autor

9.1.7 Percepción de la comunidad educativa sobre aspectos de ahorro y uso eficiente de agua.

Con el fin de conocer la percepción de la comunidad educativa (aprendices, instructores, administrativos y operativos) se aplicó una encuesta, buscando abarcar la opinión de las personas vinculadas a todas las áreas productivas. El total de las personas encuestadas fue de 56, como resultados generales se encontró que todas se benefician del sistema de acueducto y aseguran implementar prácticas de ahorro de agua en sus actividades de aseo personal, de los encuestados 67,3% son aprendices y 18,3% instructores, la población restante se distribuye entre administrativo y operativo; el principal uso del agua, es el doméstico, seguido de las actividades de gastronomía. Entre los resultados más relevantes un 92,7% considera que el servicio de acueducto es bueno, 22,2% no reporta fugas de agua cuando las observa en las instalaciones del centro de formación, así mismo, 23,6% observa aspectos negativos en la prestación del servicio. 30,4% de las personas encuestadas no

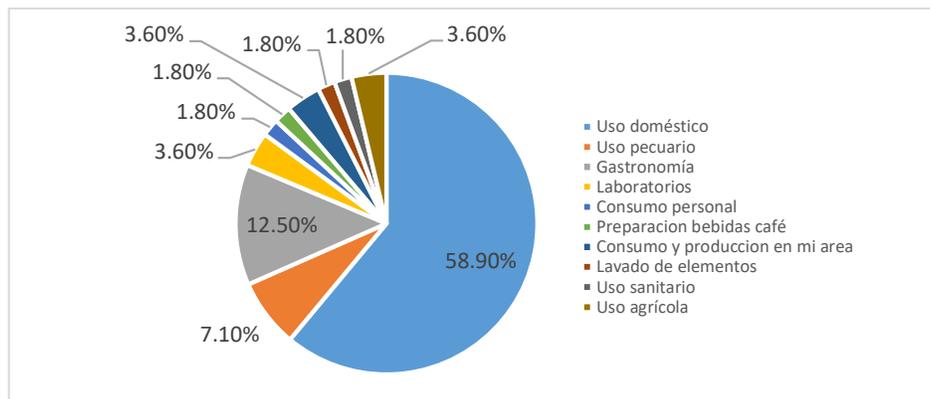
conoce la fuente hídrica abastecedora. Los resultados pueden apreciarse de manera detallada se aprecian en las siguientes figuras.

Figura 20. Tipo de género y clasificación de la población encuestada



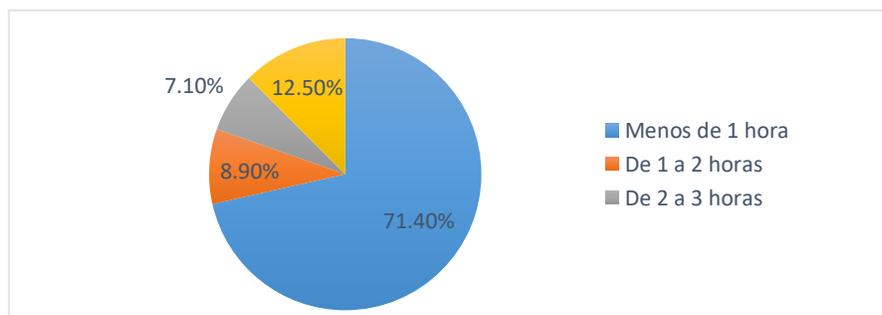
Fuente: El autor

Figura 21. Actividades realizadas al hacer uso del servicio de acueducto



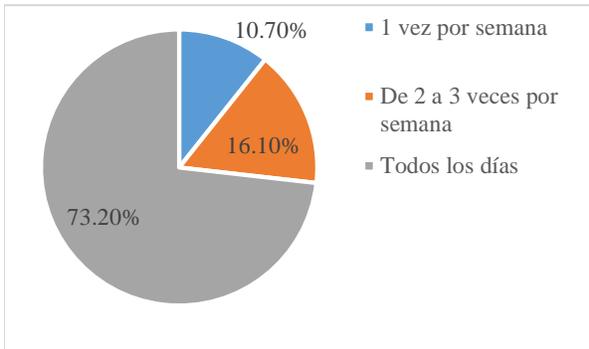
Fuente: El autor

Figura 22. Tiempo diario destinado para realizar la actividad señalada



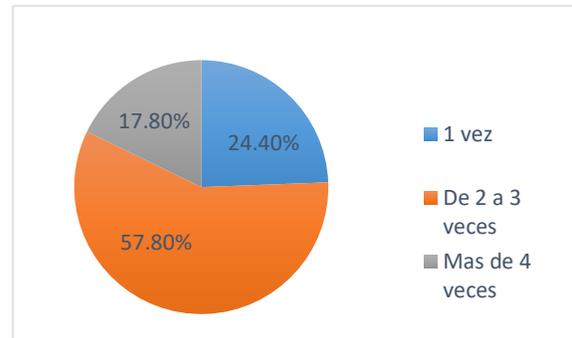
Fuente: El autor

Figura 23. Frecuencia semanal de uso del servicio de acueducto



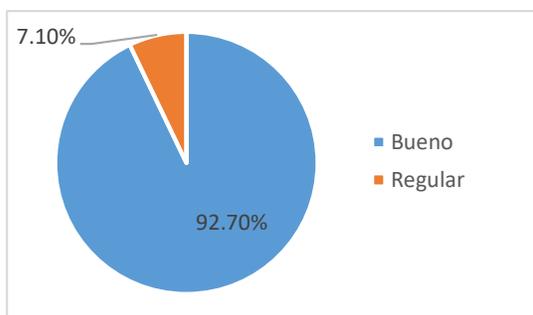
Fuente: El autor

Figura 24. Frecuencia diaria de uso del servicio de acueducto



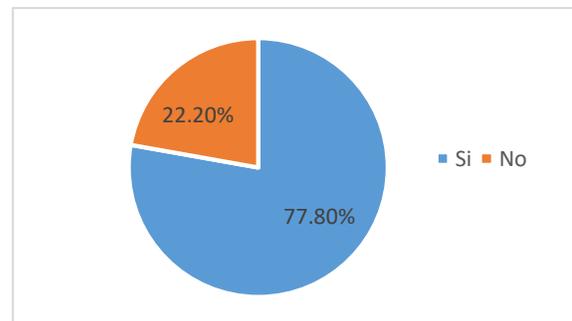
Fuente: El autor

Figura 25. Consideración de los encuestados respecto al servicio de acueducto



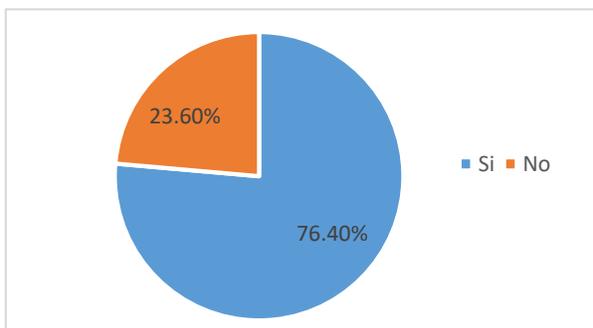
Fuente: El autor

Figura 26. Reporta o no las fugas de agua identificadas



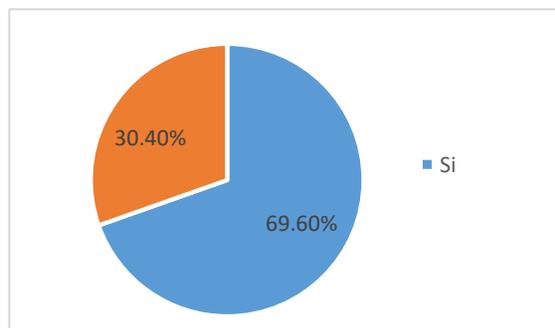
Fuente: El autor

Figura 27. Ha observado aspectos negativos en el suministro de agua.



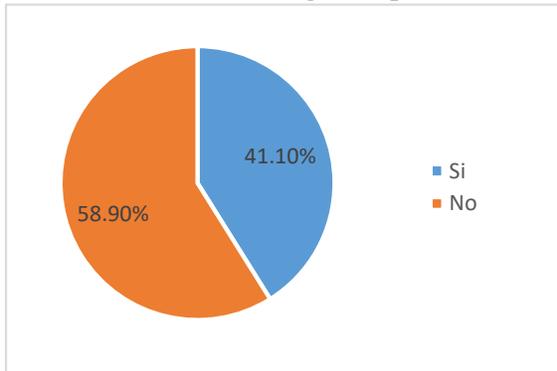
Fuente: El autor

Figura 28. Conoce la fuente hídrica que abastece al acueducto Yamboró.



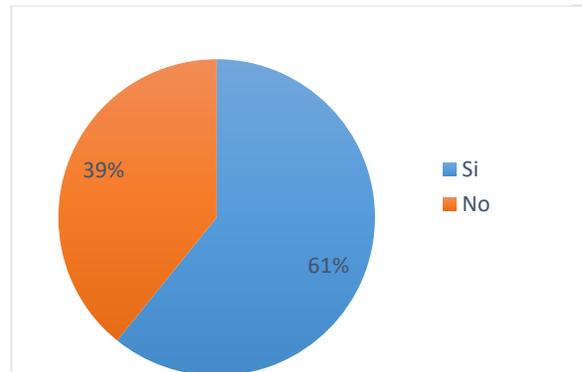
Fuente: El autor

Figura 29. En tiempo de sequía cree que el afluente del acueducto tiene la capacidad de suministrar el agua requerida



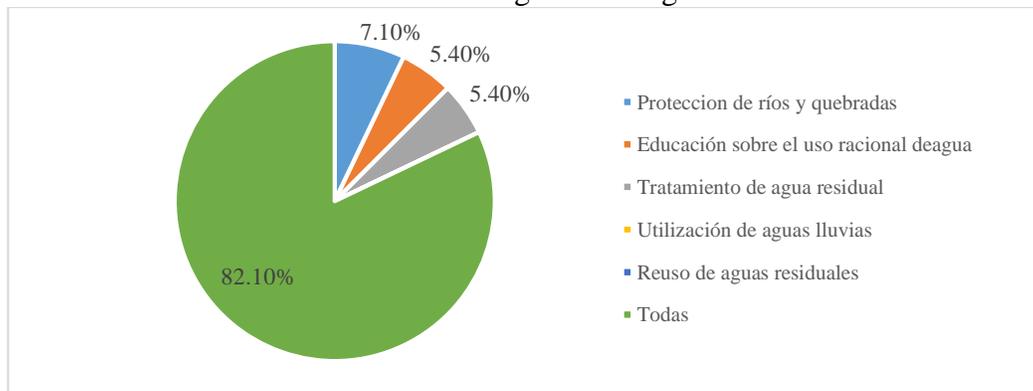
Fuente: El autor

Figura 31. Percepción de la posibilidad de riesgos de desabastecimiento de agua.



Fuente: El autor

Figura 30. Actividades que considera usted que se debería realizar para conservar el agua en la región



Fuente: El autor

Al conocer la percepción de los diferentes actores dentro del centro de formación, es posible establecer estrategias que mejoren las prácticas de ahorro de agua en cada una de las áreas, tal como se ha desarrollado en otros centros de educación superior donde se realizan diferentes campañas que buscan persuadir a estudiantes y comunidad educativa para que contribuyan en la disminución del consumo de agua (Azaki & Rivett, 2020).

9.2 Escenarios de cambio climático: tendencial, posible e ideal entorno al ahorro y uso eficiente del agua

Con el fin de identificar factores relevantes relacionados con fenómenos como el cambio climático y variabilidad climática, en el presente capítulo se definen los escenarios tendenciales, posibles e ideales teniendo en cuenta aspectos del comportamiento de variables climáticas como las precipitaciones y temperaturas en un periodo de análisis de 45 años desde 1972 hasta 2016, todo ellos buscando analizar la alternancia de periodos bimodales húmedos y secos, para ello, se identificó inicialmente el comportamiento de los principales elementos del clima en la zona, lo cual se logró mediante la obtención de datos del IDEAM registrados en la Estación Sevilla del Municipio de Pitalito, siendo la única que registra datos de climatología ordinaria. Adicionalmente se analiza la información disponible sobre escenarios de cambio climático establecidos en la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático para el periodo 2011 a 2100, publicados por el IDEAM en el año 2015 , además se analiza la información disponible en los documentos del Plan de Cambio Climático Huila 2050 y la Ruta de Cambio Climático para el municipio de Pitalito, con base en estos escenarios tendenciales, finalmente se establecen los escenarios posible e ideal para la zona de influencia del estudio, teniendo en cuenta aspectos de uso eficiente y ahorro de agua.

9.2.1 Comportamiento de las variables climáticas.

Para analizar el comportamiento de los elementos del clima en la zona de influencia del Tecnoparque Yamboró, se tomó como periodo de análisis un acumulado de datos de 45 años, para el análisis de variables asociadas a escenarios de cambio climático, se estudia el comportamiento de las precipitaciones y temperaturas, el análisis gráfico de éstas se describe a continuación.

9.2.1.1 Análisis de temperaturas y precipitaciones.

El comportamiento de la temperatura y precipitación son de gran importancia y juegan un papel importante dentro de los indicadores climatológicos, para el caso juegan un papel fundamental en la disponibilidad del recurso hídrico en la zona de estudio.

El análisis se realiza a partir de un total de 1080 datos de temperaturas y precipitaciones; los cuales se presentan en el anexo 1 del presente documento, en las siguientes tablas se detallan los datos mínimos, medios y máximos presentados en el periodo comprendido entre 1972 a 2016. Respecto al valor mínimo de temperatura, este se presentó en los meses de agosto y el máximo en el mes de enero; por su parte la precipitación mínima se dio en el mes de enero y la máxima en el mes de mayo.

Tabla 13. Valores mínimos, medios y máximos de la temperatura periodo 1972 - 2016

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Minima	19,5	19,5	19,5	19,5	19,4	18,6	18,4	18	18,8	18,7	19,5	19,5
Media	20,9	21,0	20,8	20,5	20,4	19,8	19,3	19,5	20,0	20,4	20,6	20,7
Maximo	23,3	22,5	22,4	22	21,5	20,8	20,4	20,3	21	21,6	21,3	22

Fuente: Estación Sevilla IDEAM, 2015

Tabla 14. Valores mínimos, medios y máximos de la precipitación periodo 1972 - 2016

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Minima	3,5	13	35	70,6	49,13	66,4	56,1	38,3	32,2	25,7	3	12,2
Media	58,3	83,1	105,9	134,9	138,4	136,0	130,1	101,2	85,3	94,1	91,7	88,1
Maxima	161	170,4	207,2	219	245,1	207	218,4	187,6	182,8	198,7	196,9	234

Fuente: Estación Sevilla IDEAM, 2015

Para analizar los datos de precipitación y temperatura en primera instancia se elaboró una base de datos de acuerdo a la serie de tiempo definida, posteriormente se procedió con la elaboración de climogramas para cada año, buscando identificar la variabilidad de los periodos bimodales, húmedos y secos; respecto a la amplitud térmica, los datos indican que ésta fue de 5.3 °C, encontrando un rango de 18 °C a 23.3°C. Los climogramas muestran que la zona de estudio donde se encuentra ubicado el Tecnoparque Agroecológico Yamboro

presenta periodos bimodales y han existido periodos secos en los años de 1973, 1977, 1979, 1986, 1991, 1992, 1998, 2004, 2005, 2010, 2015 y 2016, mostrando que en los últimos años los niveles de lluvias mensuales han presentado más variabilidad, principalmente en los primeros meses del año; respecto a la incidencia de fenómenos ENOS, tomando como referencia el fenómeno débil del niño presentado entre 1976 y 1977, según registros las condiciones de precipitaciones fueron normales, coincidiendo con el mapa de alteraciones por este fenómeno, elaborado por el IDEAM, sin embargo en el evento del niño presentado entre 1997 a 1998, esta zona presentó importantes disminuciones de las precipitaciones desde el mes de septiembre de 1997 hasta el mes de febrero de 1998, generando al igual que en otras regiones posibles consecuencias hidroclimáticas y efectos en las condiciones productivas y de oferta ambiental, tal como lo planteó el IDEAM, una vez superado este fenómeno, se observó una tendencia al incremento de lluvias dando posibles indicios de un fenómeno de la niña, que también generó afectaciones en esta zona (Montealegre, 2007); para el año 2010 donde se presentó en Colombia fenómeno de la niña, el Departamento del Huila y específicamente la zona de estudio, presentó incrementos de lluvias relevantes (figura 70) desde el mes de febrero a julio, sin embargo, el Departamento del Huila presentó uno de los índices más bajos de afectaciones por este fenómeno (Díaz, L; Patarroyo, L & Díaz, 2017).

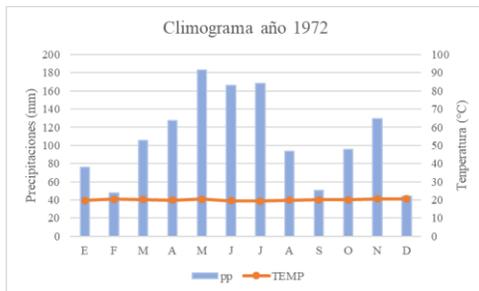
Para el año 2015 Colombia presentó un fuerte fenómeno del niño, lo cual se evidencia en el incremento de temperaturas en la zona de estudio desde el mes de agosto de 2015 hasta el mes de febrero de 2016, lo cual generó que la demanda del recurso hídrico fuera mayor que la oferta, afectando no solo al municipio de Pitalito, sino a toda la zona Andina (Díaz, L; Patarroyo, L & Díaz, 2017).

Para complementar y analizar el comportamiento general de las precipitaciones y temperaturas se elaboraron las gráficas de series de tiempo (figuras 77 y 78), las cuales indican que para el periodo de los 45 años analizados la tendencia es a presentar mayoritariamente periodos húmedos, las series de tiempo muestran que el índice mayor de precipitación se dio en el año 1976 con 1621 mm y el año 2015 con 972 mm fue el año de menores lluvias, con respecto a la temperatura, se observa en los últimos años la tendencia al

aumento, en la serie de tiempo se observa que en el año de 1973 la temperatura media fue de 19,5 °C, mientras que para 2016 fue de 21,1 °C, mostrando un incremento medio de 1,6°C, dato que ratifica lo planteado en los escenarios de cambio climático, como se mostrará más adelante, este cambio de temperatura es superior a lo indicado en otros estudios como el realizado en la ciudad de Medellín donde el análisis desde 1960 a 2010 indicó un cambio de 0,8°C (Restrepo, L; Peña, C & Martínez, 2019).

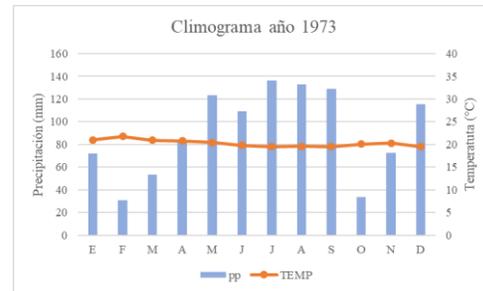
En general los climogramas indican que en la zona se han presentado fenómenos de variabilidad climática y tienden a incrementarse, lo cual hace necesario que ante eventos hidroclimáticos extremos y posibles consecuencias asociadas a la escasez de agua en la zona de estudio, se generen mecanismos de adaptación que permitan enfrentar esta problemática mediante medidas de prevención, participación comunitaria para la adecuada toma de decisiones y que además contribuyan con el servicio adecuado del agua dentro del centro de formación y la región en general (Carvajal, 2011).

Figura 32. Climograma año 1972



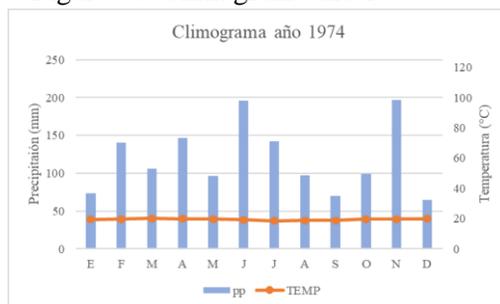
Fuente: El autor

Figura 33. Climograma año 1973



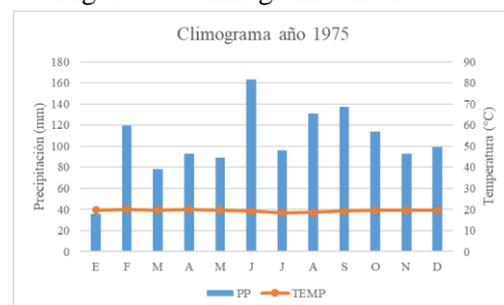
Fuente: El autor

Figura 34. Climograma año 1974



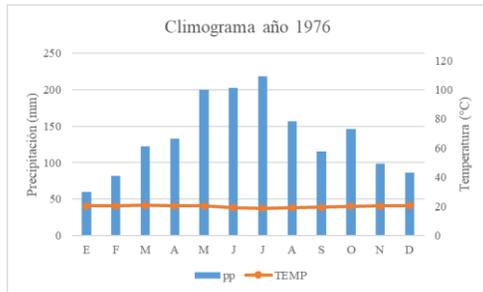
Fuente: El autor

Figura 35. Climograma año 1975



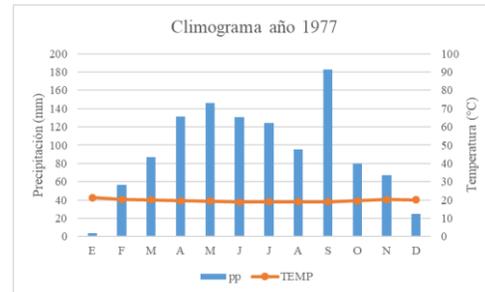
Fuente: El autor

Figura 36. Climograma año 1976



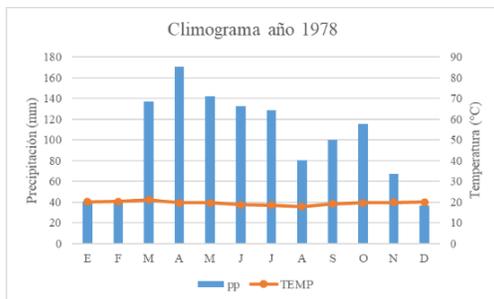
Fuente: El autor

Figura 37. Climograma año 1977



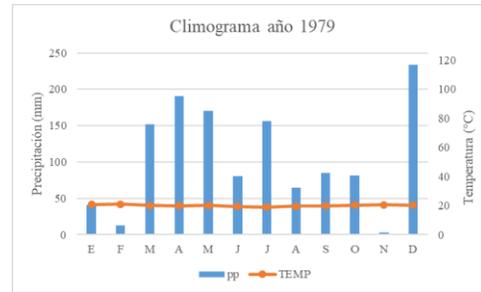
Fuente: El autor

Figura 38. Climograma año 1978



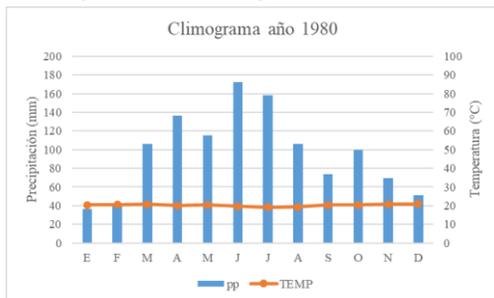
Fuente: El autor

Figura 39. Climograma año 1979



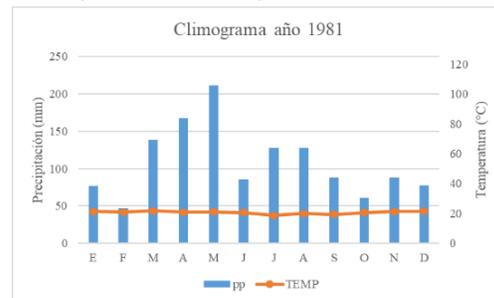
Fuente: El autor

Figura 40. Climograma año 1980



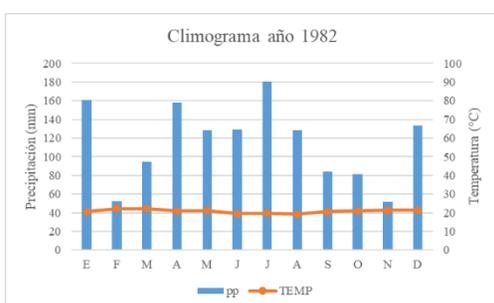
Fuente: El autor

Figura 41. Climograma año 1981



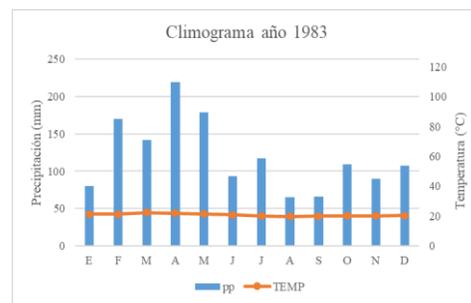
Fuente: El autor

Figura 42. Climograma año 1982



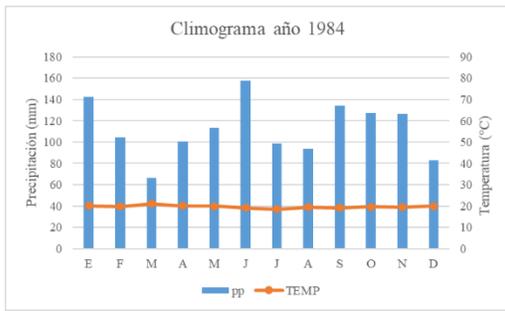
Fuente: El autor

Figura 43. Climograma año 1983



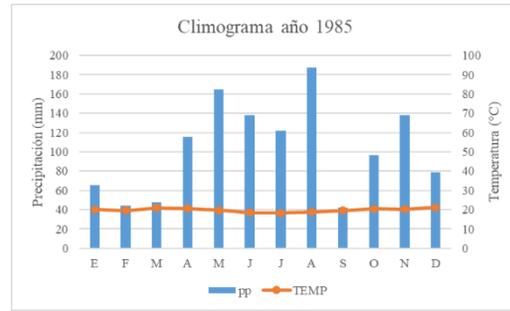
Fuente: El autor

Figura 44. Climograma año 1984



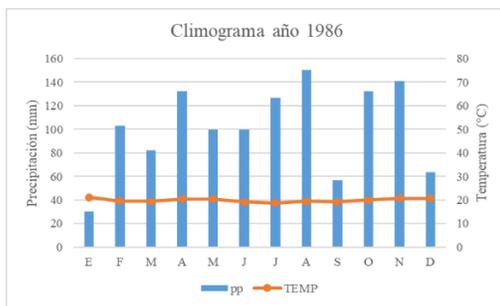
Fuente: El autor

Figura 45. Climograma año 1985



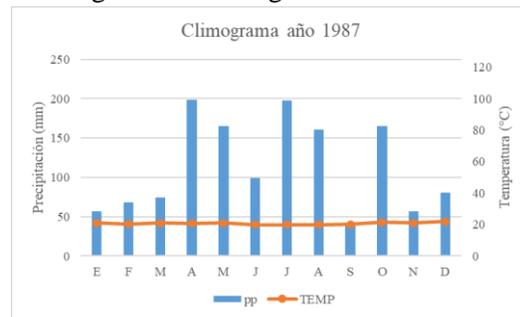
Fuente: El autor

Figura 46. Climograma año 1986



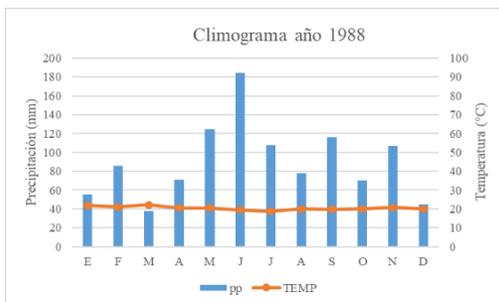
Fuente: El autor

Figura 47. Climograma año 1987



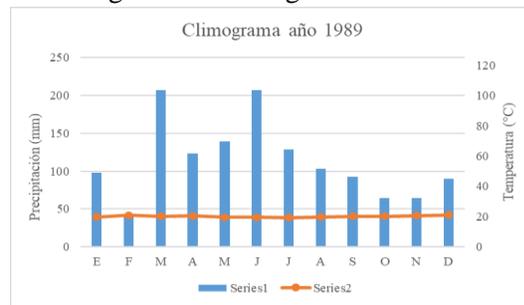
Fuente: El autor

Figura 48. Climograma año 1988



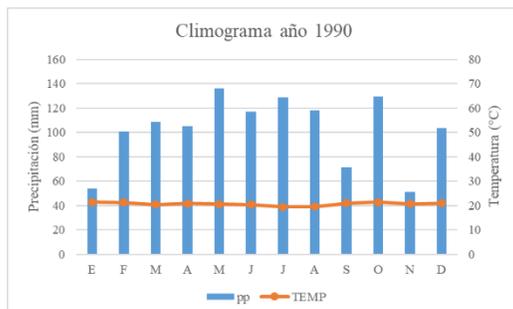
Fuente: El autor

Figura 49. Climograma año 1989



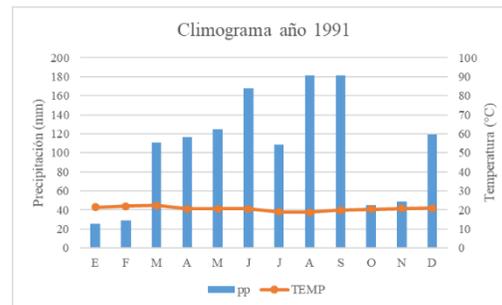
Fuente: El autor

Figura 50. Climograma año 1990



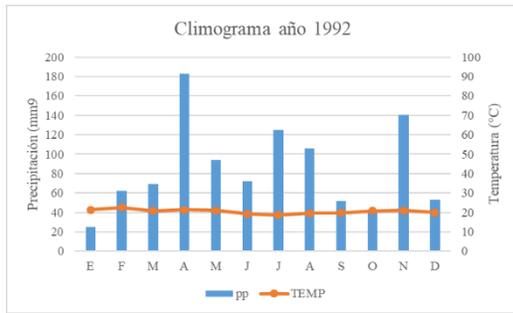
Fuente: El autor

Figura 51. Climograma año 1991



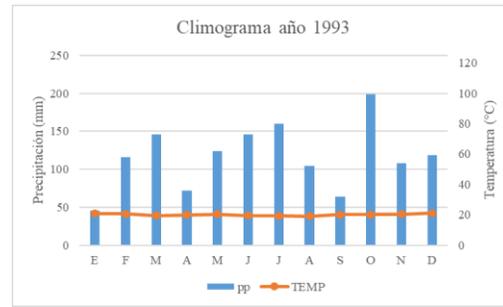
Fuente: El autor

Figura 52. Climograma año 1992



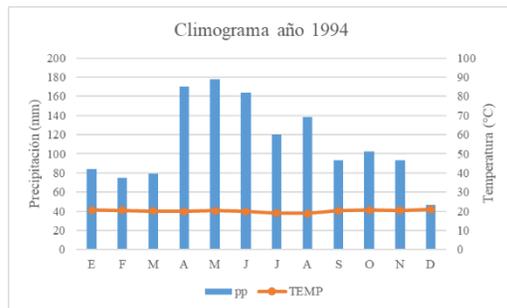
Fuente: El autor

Figura 53. Climograma año 1993



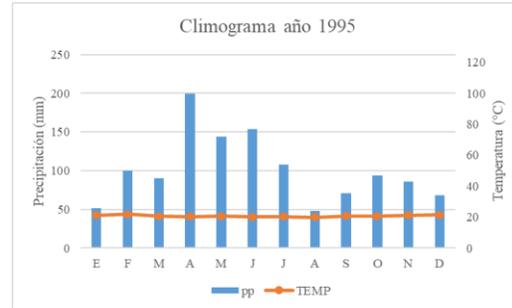
Fuente: El autor

Figura 54. Climograma año 1994



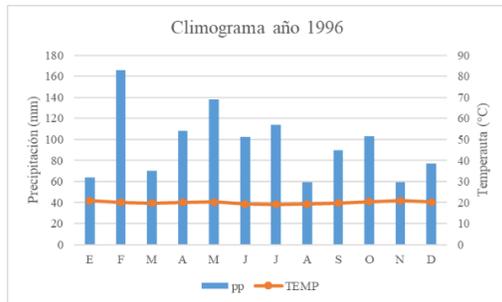
Fuente: El autor

Figura 55. Climograma año 1995



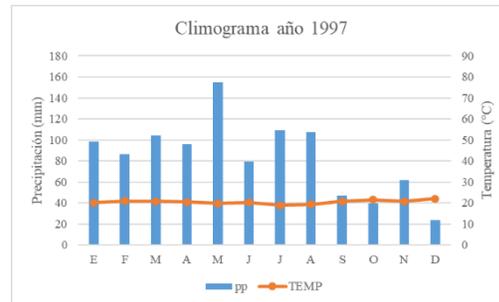
Fuente: El autor

Figura 56. Climograma año 1996



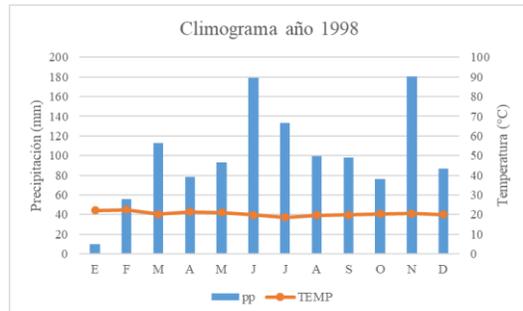
Fuente: El autor

Figura 57. Climograma año 1997



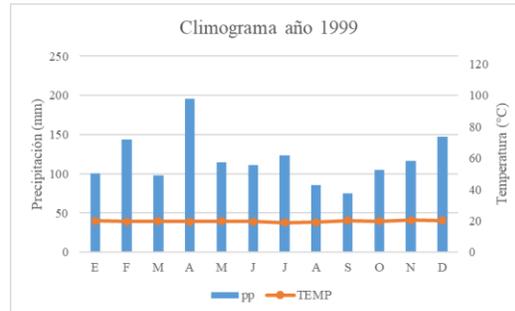
Fuente: El autor

Figura 58. Climograma año 1998



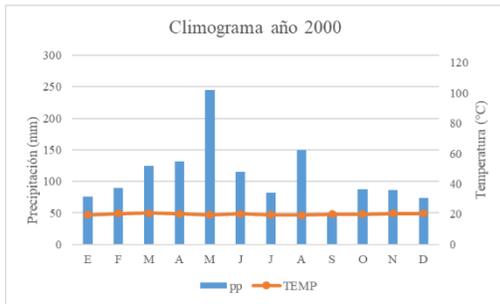
Fuente: El autor

Figura 59. Climograma año 1999



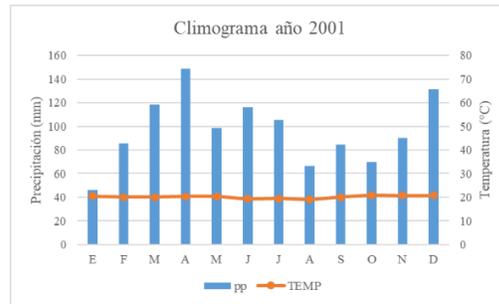
Fuente: El autor

Figura 60. Climograma año 2000



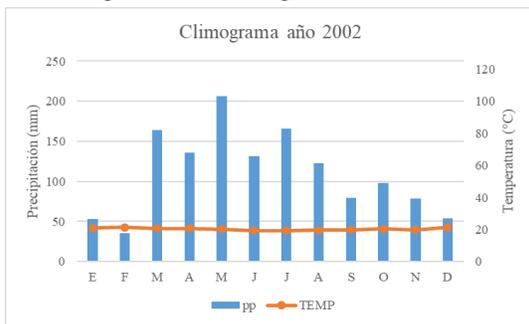
Fuente: El autor

Figura 61. Climograma año 2001



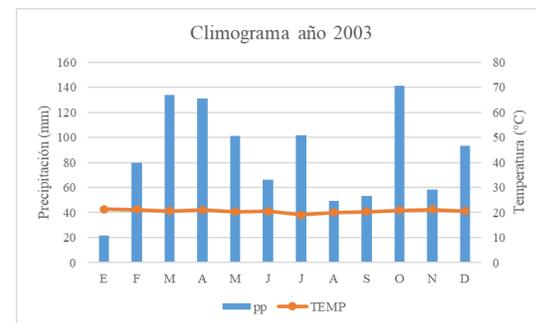
Fuente: El autor

Figura 62. Climograma año 2002



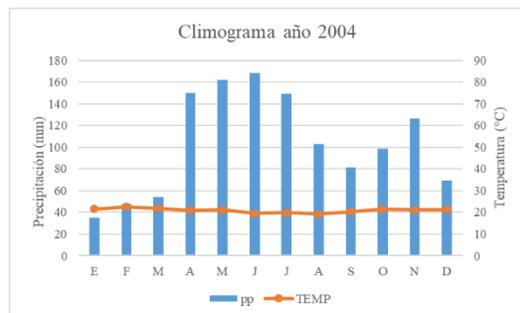
Fuente: El autor

Figura 63. Climograma año 2003



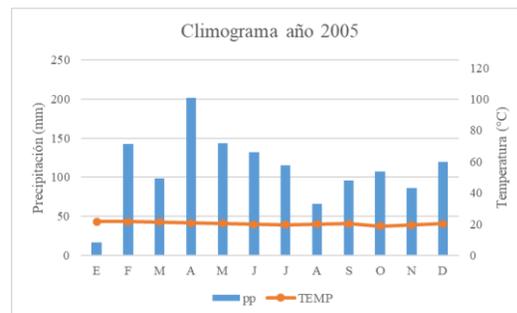
Fuente: El autor

Figura 64. Climograma año 2004



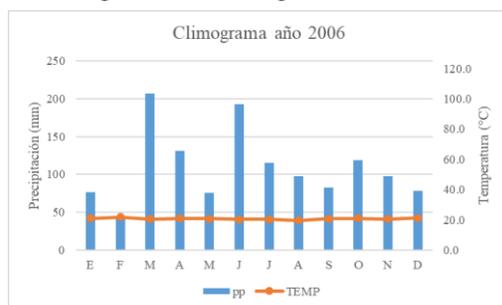
Fuente: El autor

Figura 65. Climograma año 2005



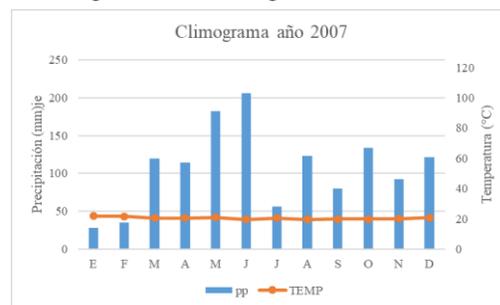
Fuente: El autor

Figura 66. Climograma año 2006



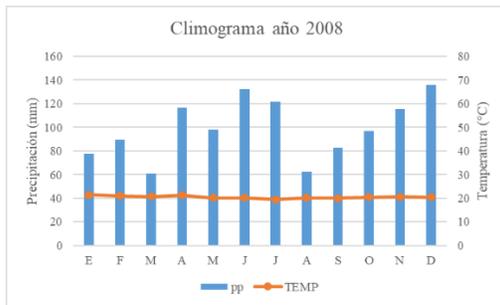
Fuente: El autor

Figura 67. Climograma año 2007



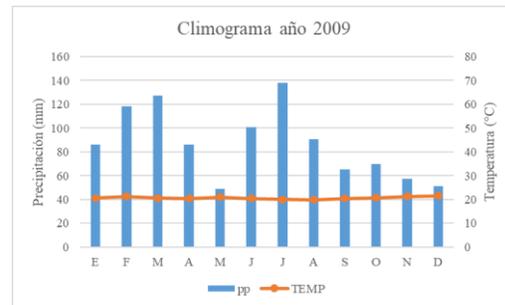
Fuente: El autor

Figura 68. Climograma año 2008



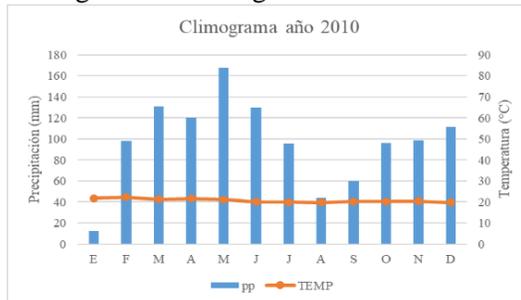
Fuente: El autor

Figura 69. Climograma año 2009



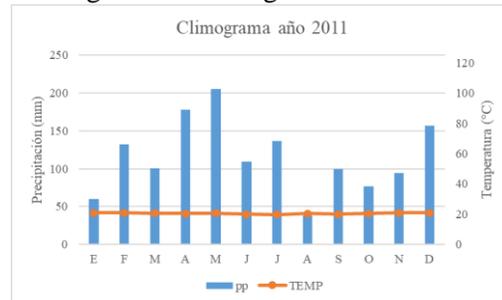
Fuente: El autor

Figura 70. Climograma año 2010



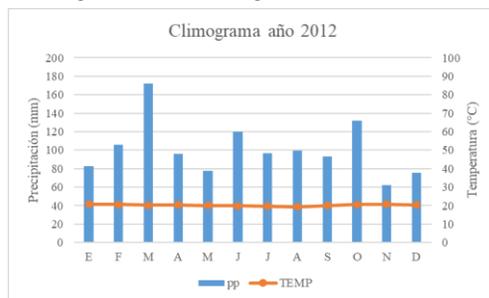
Fuente: El autor

Figura 71. Climograma año 2011



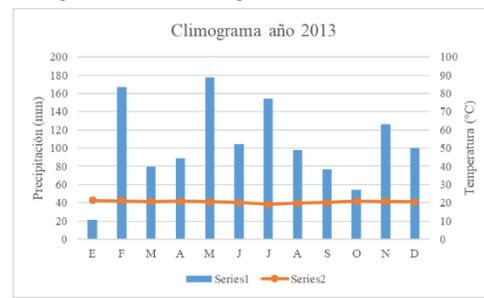
Fuente: El autor

Figura 72. Climograma año 2012



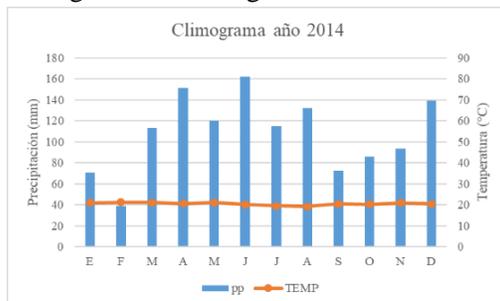
Fuente: El autor

Figura 73. Climograma año 2013



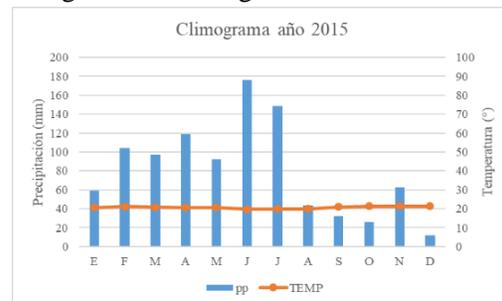
Fuente: El autor

Figura 74. Climograma año 2014



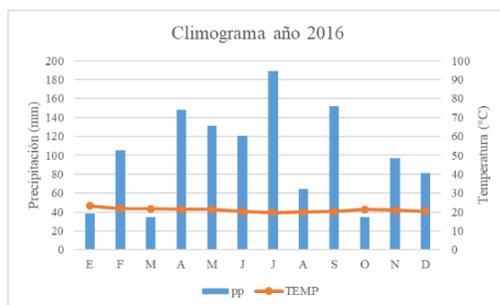
Fuente: El autor

Figura 75. Climograma año 2015



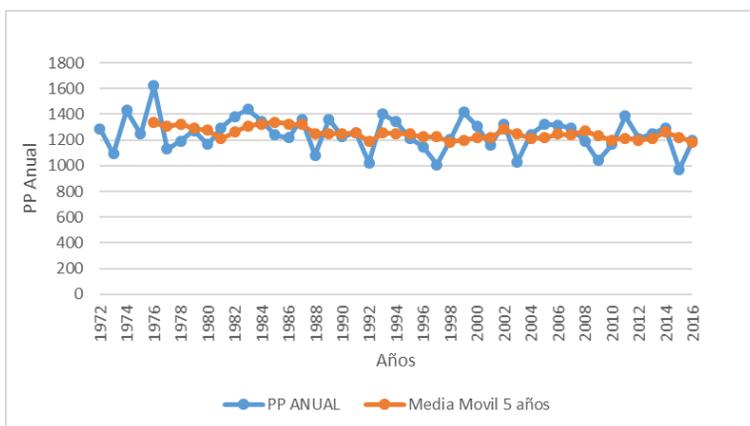
Fuente: El autor

Figura 76. Climograma año 2016



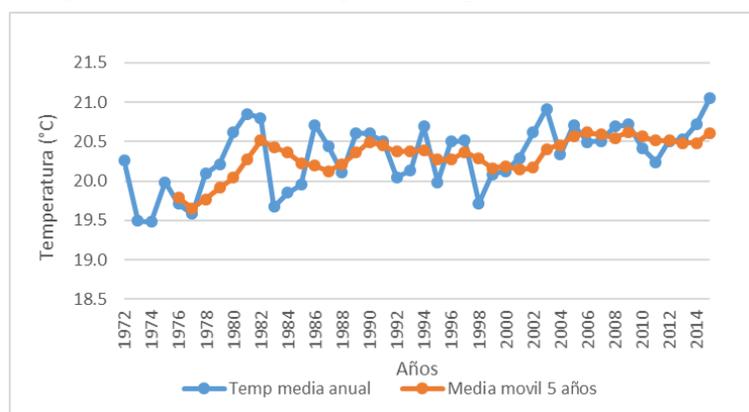
Fuente: El autor

Figura 77. Serie de tiempo de precipitación anual



Fuente: El autor

Figura 78. Serie de tiempo de temperaturas medias



Fuente: El autor

9.2.2 Definición de los escenarios de cambio climático.

A nivel nacional, la tercera comunicación de cambio climático indica que Colombia se verá afectada por el cambio climático, sin embargo, de acuerdo a las características de cada región la precipitación y temperatura genera cambios y posibles alteraciones en los diferentes ecosistemas, deducción de productividad y afectaciones graves a fuentes hídricas (IDEAM, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, PNUD, 2015). Además, las alteraciones causadas por lluvias y gradualidad de temperaturas, puede originar que las consecuencias de fenómenos ENOS de variabilidad climática y estrés hídrico generen impactos de mayor magnitud en las regiones (Restrepo, L; Peña, C & Martínez, 2019), lo cual crea la necesidad de establecer mecanismos de adaptación y planeación territorial para que existan regiones resilientes a los diferentes fenómenos climáticos.

Analizando los escenarios definidos por el IDEAM en el año 2015, según los mapas departamentales de escenarios de cambio climático para el periodo 2011-2100, el Departamento del Huila presentaría cambios de temperatura desde 0,8°C hasta 2,1 °C finalizando el siglo y respecto a cambios en precipitaciones tendría un cambio desde 16,52% hasta 17,24% (Figura 79). Otros estudios realizados en México muestran que los cambios de temperatura puede estar entre 1 y 1,5°C, mientras que en precipitaciones indican que tiendes a disminuir, mostrando un comportamiento contrario al de la zona de estudio del Tecnoparque Yamboró (Magaña et al., 2009). Por su parte en el estudio realizado para

Uruguay se proyecta que las temperaturas podrían cambiar en un rango de 1,5 a 3,5 °C, de igual forma las precipitaciones en este país tienden a incrementarse 0,15 a 0,30 mm/día (Cambio, Dcc, Nagy, & Bidegain, 2018).

Figura 79. Mapa de escenario de cambio climático para el Departamento del Huila

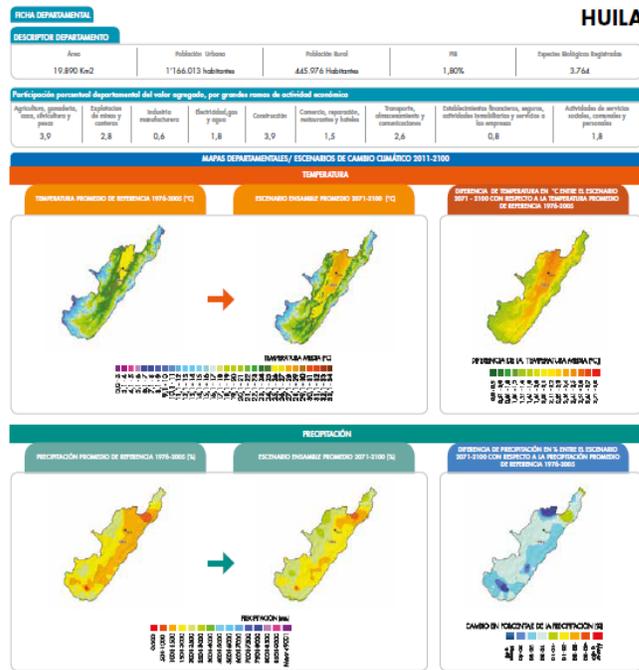


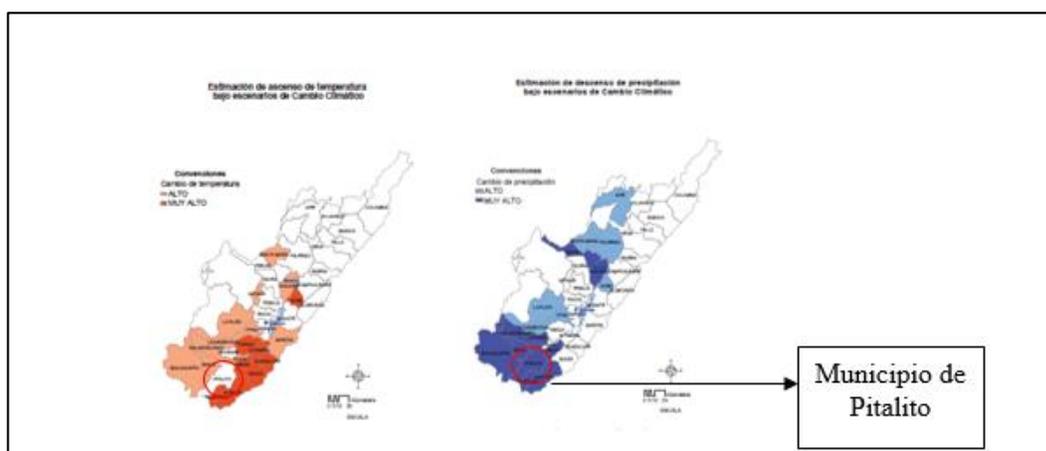
Tabla de convenciones temperatura		2011 -2040		2041-2070		2071 -2100		Tabla convenciones precipitación	
Cambio	Rango valores de temperatura (°C)	Cambio de temperatura media (°C)	Cambio de precipitación (%)	Cambio de temperatura media (°C)	Cambio de precipitación (%)	Cambio de temperatura media (°C)	Cambio de precipitación (%)	Cambio	Porcentaje
Bajo	0-0,5	0,8	16,52	1,4	17,74	2,1	17,24	Déficit severo	<-40%
Bajo medio	0,51-1							Déficit	-39% y 11%
Medio	1-1,5							Normal	1,0% y 10%
Medio alto	1,5-2							Exceso	11% y 39%
Alto	2,1-3,1							Exceso severo	>40%

Principales aumentos de temperatura	
Para el fin de siglo, el Departamento en promedio podrá presentar elevaciones de temperatura promedio de 2,1°C según el modelo multiescenario. En particular los Valles de Neiva, Aipe y Villavieja podrán ser los de mayor aumento con valores de hasta 2,5 °C sobre el valor actual.	
Principales aumentos de precipitación	Principales disminuciones de precipitación
En general para fin de siglo el Huila podrá incrementar el promedio de las precipitaciones anuales en un 17,2% según el modelos multiescenario. Particularmente los municipios de Aipe y Villavieja podrán incrementar entre 30% y 40% el valor de precipitación respecto al actual.	En general no se presentarán reducciones significativas de precipitación según el modelo multiescenario para el Departamento.
Principales efectos	Los principales efectos podrán reflejarse en el sector agrícola debido a los aumentos en precipitación, particularmente para monocultivos extensivos dada la posibilidad de aumento en plagas y enfermedades. El sector salud podrá ver efectos debido a las precipitaciones adicionales, teniendo aumento en vectores de enfermedades. La biodiversidad asociada a las zonas de mayor aumento de temperatura podrán verse afectadas por estrés térmico.

Fuente: IDEAM, 2015

A partir del escenario de cambio climático elaborado por el IDEAM (Figura 84), la gobernación del Huila en conjunto con la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) y otros colaboradores crearon el documento denominado “Plan de Cambio Climático Huila 2050: Preparándose para el cambio climático”, en éste se elaboraron los mapas de cambios de temperaturas y precipitaciones, mostrando que el Municipio de Pitalito se proyecta cambios muy altos de precipitaciones y aunque el mapa indica que habrían cambios altos de temperaturas (Gobernación del Huila et al., 2014), al observar los datos descritos en la serie de tiempo (Figura 80) si es posible que se generen cambios para el municipio de Pitalito y para la zona donde se encuentra ubicado el Tecnoparque Yamboró.

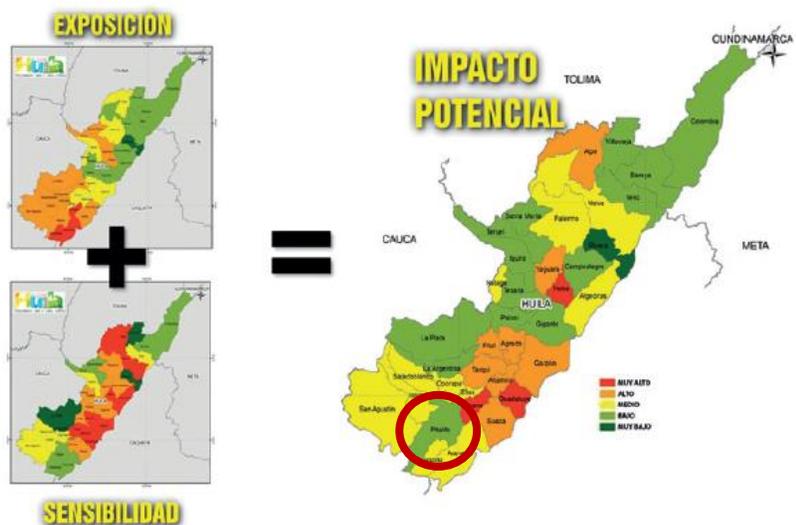
Figura 80. Municipios del Huila con mayores cambios de temperatura y precipitaciones



Fuente: Plan Huila 2050, Gobernación del Huila *et al*, 2015

El Plan Huila 2050, también brinda información relevante respecto al impacto potencial de los municipios hacia el cambio climático, es así como Pitalito se caracterizó con impacto potencial bajo, esto teniendo en cuenta la exposición y la sensibilidad (Figura 83), respecto a la capacidad adaptativa desde el punto de vista político, social y económico el municipio de Pitalito se clasificó con capacidad de media a alta (Tabla 15).

Figura 81. Impacto potencial del cambio climático en los municipios del Huila



Fuente: Plan Huila 2050, Análisis Vulnerabilidad ante cambio climático. 2015

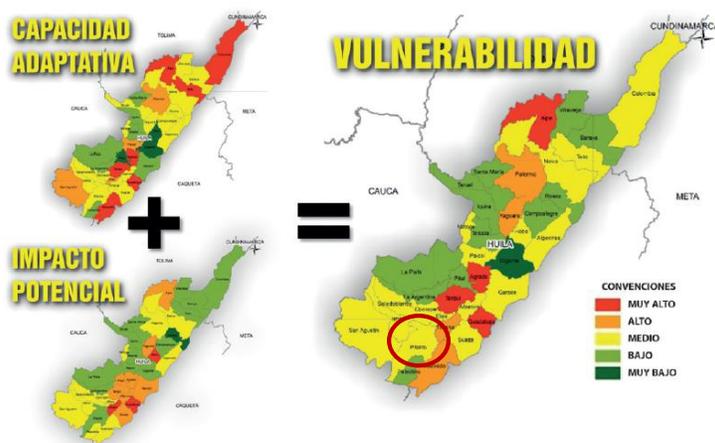
Tabla 15. Capacidad adaptativa al cambio climático Pitalito Huila

Capacidad adaptativa	Clasificación por dimensión	Capacidad adaptativa al cambio climático Pitalito
Dimensión biofísica	Alta	Media
Dimensión social	Media	
Dimensión política – institucional	Alta	
Dimensión económica – productiva	Alta	

Fuente: Plan Huila 2050, Análisis Vulnerabilidad ante cambio climático, Gobernación del Huila, et al, 2015

Teniendo en cuenta los aspectos de impacto potencial y capacidad adaptativa, Pitalito se ubica en un grado de vulnerabilidad medio hacia el cambio climático (Figura 84), comparando con el estudio realizado en la cuenca del río Chinchina Caldas, este indica que la vulnerabilidad se ve incrementada por la productividad cafetera, gestión ambiental deficiente y riesgos por eventos climáticos extremos (Mussetta, Barrientos, Acevedo, Turbay, & Ocampo, 2017).

Figura 82. Vulnerabilidad al cambio climático Pitalito Huila

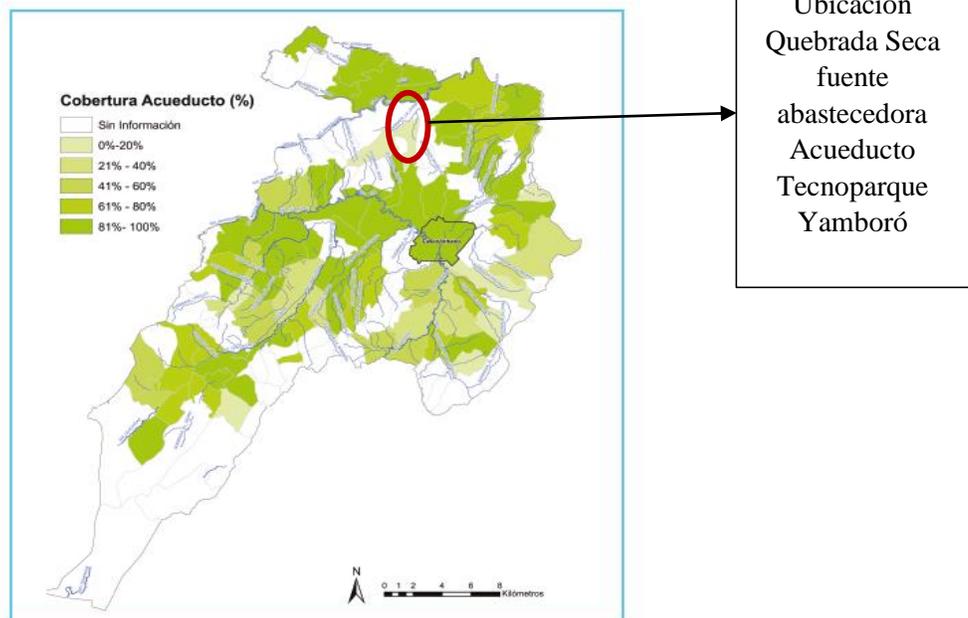


Fuente: Plan Huila 2050, Análisis Vulnerabilidad ante cambio climático

A nivel municipal, en Pitalito la administración municipal en conjunto con la CAM publicó el documento “Ruta de cambio de Pitalito 2030”, en el cual se definen escenarios de cambio climático para el municipio teniendo como base lo definido por el IDEAM y el Plan Huila 2050; en lo que tiene que ver con la identificación de las coberturas de acueducto a nivel rural, la zona donde está ubicado el Tecnoparque Yamboró y su fuente abastecedora (Quebrada Seca) no cuenta con información específica de este aspecto (Figura 85), en este caso por recorrido en campo se identificaron aproximadamente 50 usuarios que se abastecen de la misma fuente y bocatoma del acueducto Yamboró, esto ha venido generando un conflicto por el uso del agua, debido a la disminución del caudal de la fuente hídrica tal como se indicó en el diagnóstico del sistema de acueducto. En la ruta de cambio de Pitalito 2030 se analizó el periodo de 1976 a 2005, encontrando un rango de precipitaciones anuales de 900 a 1970 mm, mientras que en los datos analizados en el presente estudio se encontró un rango de 972 a 1621 mm (CAM, Pitalito Alcaldía, USAID, & EMPITALITO, 2015), respecto a los escenarios planteados para el municipio se prevé que las precipitaciones en la zona aumentarán en un 28%, 27% y 29% para los años de 2040, 2070 y 2100 respectivamente (Figura 84) ; en cuanto a temperaturas el comportamiento es muy similar al escenario del Departamento del Huila, al igual que en otras regiones como la cuenca del río Pamplonita donde los escenarios indican que la temperatura se incrementará de 2 a 3 °C para

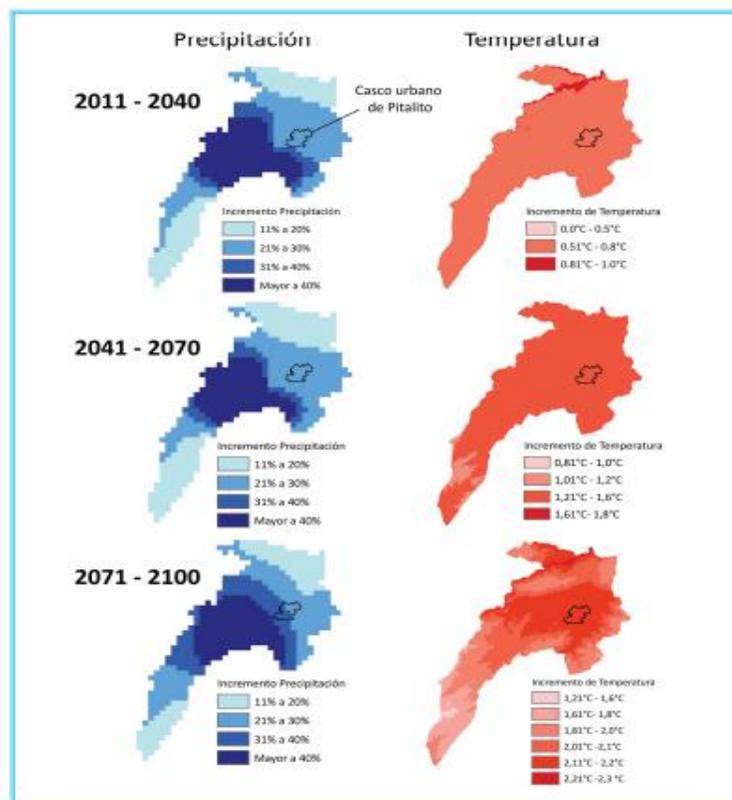
el periodo 2015 a 2100 (Rentería, 2020), así mismo, en otros estudios realizados en China en la cuenca del río Shiyang se encontró una tendencia hacia el incremento de temperaturas y precipitaciones teniendo como base un análisis de datos entre 1981 y 2015 (Zhang et al., 2020). En otras regiones del mundo como Irán, debido al uso ineficiente del recursos hídricos y al incremento de temperaturas y disminución de lluvias, existe un alto riesgo de vivir consecuencias ambientales y socioeconómicas por el agotamiento del recurso, lo cual se logró analizar a partir de un estudio de las variables climáticas en un periodo de 30 años (Moshir Panahi, Kalantari, Ghajarnia, Seifollahi-Aghmiuni, & Destouni, 2020). De igual forma se observa en comportamiento de las variables climáticas asociadas a escenarios de cambio climático para la meseta Tibetana, donde según escenarios para el periodo 2040 - 2070 tanto temperatura como precipitaciones tienden a un incremento (Gao, Liu, Ma, He, & Xu, 2019).

Figura 83. Veredas municipio de Pitalito con cobertura de acueducto



Fuente: Plan Huila 2050, Gobernación del Huila *et al*, 2015 con base en diagnóstico sanitario rural 2010

Figura 84. Cambios de temperatura y precipitación para el Municipio de Pitalito.



Fuente: Corporación Autónoma del Alto Magdalena *et al*, 2015.

Documento Ruta de Cambio de Pitalito 2030

A partir del diagnóstico realizado y el comportamiento de variables como la temperatura y la precipitación, a continuación, se describen mediante una matriz los cambios posibles, ideales y tendencial según objetivos para el ahorro y uso eficiente de agua y las dimensiones, según lo sugerido por Pineda, 2018.

Tabla 16. Cambio tendenciales, posibles e ideales de acuerdo a dimensión y objetivos

Dimensión	Objetivo	Importancia o urgencia	Cambios tendencial	Cambios posibles	Cambios ideales
Ambiental	Protección del recurso hídrico	Muy urgente	Incremento presión hídrica y consumos de agua por parte de los actores involucrados y disminución del caudal de la fuente abastecedora.	Implementar medidas de protección en la zona de protección de fuente hídrica, reducir el desperdicio de agua en todas las actividades productivas.	Alta protección del recurso que garantice el abastecimiento de agua para todas las actividades productivas del centro de formación y las zonas aledañas teniendo en cuenta mecanismo de adaptación a la vulnerabilidad climática y cambio climático.
	Control ambiental	Urgente	Control ambiental continuo por parte del sistema de gestión integrado y mayor control por parte de la autoridad ambiental	Debido a las consecuencias cada vez se adquiere mayor importancia y se replantea estrategias de fortalecimiento para la gestión adecuada del recurso hídrico mediante el cumplimiento de la Ruta de Cambio Climático del Municipio de Pitalito.	Trabajo interinstitucional entre centro de formación, autoridades ambientales y comunidad aledaña para implementar programas de gestión de gobernanza del agua.
	Servicios ecosistémicos	Urgente	Los impactos antrópicos han disminuido la oferta de los servicios ambientales en la zona, falta mayor compromiso de todos los actores para	Gradualmente se toman medidas para que la oferta hídrica no sea menor a la demanda y las actividades	Generación de actividades productivas y sostenibles en pro de la conservación de los

Económico y productiva	Control de las actividades productivas	Urgente	<p>generar medidas de solución a la escasez de agua y uso ineficiente del agua.</p> <p>Las actividades productivas del centro de formación cada vez requieren mayor demanda del recurso hídrico y se espera se realice uso eficiente del agua.</p>	<p>productivas se desarrollen de una manera más sostenible.</p> <p>Las áreas productivas deben implementar mecanismos de uso eficiente del agua de acuerdo a sus actividades, cada vez la comunidades del centro de formación adquiere mayor cultura del cuidado del agua.</p>	<p>servicios ecosistémicos en relación al recurso hídrico.</p> <p>Todas las actividades productivas del centro de formación con alta productividad y con medidas sostenibles para el uso eficiente del agua.</p>
	Planificación de ampliación de actividades productivas	Medianamente urgente	<p>La ampliación de unidades productivas y ambiente de aprendizaje tienen en cuenta la capacidad del suelo y la disponibilidad del recurso hídrico.</p>	<p>Mejoran los mecanismos de articulación entre los entes administrativos y operativos para ampliar actividades teniendo en cuenta los límites del recurso hídrico y medidas de uso eficiente del agua.</p>	<p>Ampliación de actividades productivas bajo un programa de uso eficiente del agua que cumpla con las políticas de gestión del recurso agua y adaptación al cambio climático.</p>
	Inversión	Urgente	<p>Por limitaciones presupuestales pueden verse limitadas las inversiones para el mejoramiento del sistema de acueducto y sistemas hidrosanitarios más eficientes.</p>	<p>Se realizan estudios y diseños para mejorar el sistema de abastecimiento de agua y buscar alternativas de captación de agua.</p>	<p>Alta inversión en el mejoramiento del sistema de acueducto, nueva infraestructura para captación de agua y alta eficiencia en los patrones de consumo de agua.</p>
Social y cultural	Calidad en los procesos de	Medianamente urgente	<p>La comunidad del centro de formación se beneficia del servicio de agua</p>	<p>Mejorar el servicio de agua en el centro de formación,</p>	<p>Que toda la comunidad del centro de formación cuente con</p>

	formación integral		potable y cruda, pero hace falta mayor cultura del uso eficiente del agua para implementar mecanismos de gestión de gobernanza del agua.	brindando ambientes de acuerdo a las necesidades de saneamiento básico para mejorar el bienestar y sostenimiento del recurso hídrico.	un excelente servicio de agua y que a la vez se generen medidas de gestión de gobernanza del agua con el apoyo de todos los actores.
Institucional	Mejoramiento del cumplimiento normativo	Medianamente urgente	Las normas asociadas al recurso hídrico se cumplen parcialmente y se incrementan los patrones de consumo de agua y es posible que la variabilidad climática afecte el funcionamiento óptimo del centro de formación.	Ajuste del cumplimiento de la normatividad de acuerdo a las características del centro de formación, actividades productivas y actualización de matriz legal.	Todas las normas se cumplen de acuerdo a la matriz legal y beneficia la gestión del recurso hídrico y la adaptación al cambio climático.
Transversal	Mejorar los procesos de investigación	Medianamente urgente	Los procesos investigativos en pro de la gestión adecuada del agua tienden a incrementar mediante los semilleros de investigación con participación de aprendices e instructores	Se fortalecen los proyectos de investigación con apoyo del grupo de investigación y la coordinación del centro de formación para tener mayor conocimiento de las problemáticas asociadas al agua y generar posibles soluciones.	Consolidación de estrategias eficaces con base en proyectos de investigación que a la vez fortalecer la política ambiental del centro de formación..

Fuente: Construcción propia, basado en objetivos por orden de importancias versus cambios tendenciales, terminados, deseados y anhelados, Pineda, 2018

Convenciones:



Teniendo en cuenta la información de los escenarios descritos anteriormente y con base en la información recolectada en campo mediante observación y el diagnóstico del sistema de acueducto y los patrones de consumo de agua, a continuación, se describe mediante una matriz los escenarios de cambio climático asociados al área de influencia del centro de formación Tecnoparque Agroecológico Yamboró, estos escenarios se describen teniendo en cuenta la importancia de los diferentes actores y su importancia en la toma de decisiones y el conocimiento de la realidad local. Sin embargo, es importante resaltar la necesidad de incrementar la instrumentalización para contar con datos más específicos de cada zona, puesto que esto puede generar cierta incertidumbre a la hora de valorar impactos asociados al comportamiento de las variables climáticas (Gao et al., 2019)

Tabla 17. Escenarios de cambio climático para la zona de influencia del Tecnoparque Agroecológico Yamboró

Escenario Tendencial	Escenario Posible	Escenario Ideal
En la zona aledaña al centro de formación en el mediano y largo plazo se generarán cambios asociados a escasez de agua por los eventos de variabilidad climática, por lo cual la comunidad del centro de formación y la comunidad aledaña tendrán desabastecimiento de agua, debido a la alta presión del ecosistema hídrico que rodea la institución.	Este escenario permite analizar de una mejor manera el contexto de acuerdo a la realidad y comportamiento de los actores involucrados en la zona, se debe asumir por parte del centro de formación y la comunidad aledaña mayor compromiso para generar una solución posible solución al uso ineficiente del agua, por lo cual este escenario plantea que es posible que a partir de los efectos de fenómenos ENOS se generen alternativas de aprovechamiento sostenible del agua y disminuir el conflicto ambiental por el uso y cuidado del agua tanto en la fuente abastecedora como en las instalaciones del centro de formación. Las medidas de educación ambiental son	El escenario ideal plantea que se dan todos los cambios necesarios e inversiones en corto y mediano plazo para mejorar el sistema de abastecimiento de agua, los diferentes actores implementan todas las medidas y estrategias necesarias para disminuir la presión en el ecosistema hídrico de la fuente abastecedora del acueducto, todas las actividades productivas del centro de formación no generan pérdidas importantes de agua, se genera un consumo y uso eficiente generando condiciones ideales y cumplimiento de todos los requisitos normativos en relación al recurso hídrico.
El centro de formación genera cambios de acuerdo a la realidad del entorno y los retos en relación al desarrollo sostenible.		
Los efectos generados por el cambio climático y variabilidad climática, crean nuevos entornos ambientales para la zona, lo cual		

<p>podría generar situaciones que pueden convertirse en oportunidades para generar soluciones a la problemática, dada la poca oferta hídrica de agua superficial, se deberá explorar nuevas alternativas para el abastecimiento de agua.</p>	<p>implementadas y dirigidas a todos los actores para que implementen buenas prácticas de ahorro y uso eficiente del agua, generando en gran parte de la comunidad usuaria del sistema de acueducto capacidad resiliente ante los cambios generados.</p>	<p>Los diferentes cambios debidos a la variabilidad climática por fenómenos ENOS serán aprovechados para generar planes de contingencia que permitan tanto en época de invierno como de verano, establecer medidas de uso eficiente y ahorro de agua en todas las áreas.</p>
<p>Una parte de la comunidad educativa puede ser resiliente al cambio climático y a los fenómenos de variabilidad climática, generando nuevas estrategias para el ahorro y uso eficiente del agua.</p>	<p>Las curvas de consumo de agua mejoran su comportamiento de acuerdo al incremento de población y actividades productivas, lo cual mejora los indicadores ambientales de consumo de agua.</p>	<p>Toda la comunidad es totalmente resiliente a los cambios y genera soluciones reales en cuanto a la problemática del uso ineficiente del agua.</p>
<p>Las curvas de consumo de agua tienden siempre a un crecimiento elevado respecto al tiempo, población y actividad productiva.</p>		<p>Las curvas de consumo de agua presentan disminución a medida que mejoran las estrategias de uso eficiente y ahorro de agua en todo el centro de formación y su área de influencia.</p>

Ambiental

<p>La zona de protección de la fuente abastecedora del acueducto incrementa su degradación y el caudal tiende a disminuir, generando riesgo de desabastecimiento para el centro de formación, los impactos negativos por eventos climáticos extremos y actividades antrópicas aumentan la presión sobre la zona. Los cambios en la temperatura media en la zona, indican que podría presentarse un incremento</p>	<p>Se realizan inversiones para mejorar la infraestructura del sistema de acueducto, se ejecutan acciones en pro de la conservación de la zona protectora de la fuente hídrica, con el esfuerzo institucional y control de autoridad ambiental se cumplen con normatividad ambiental para adquirir nueva fuente de abastecimiento de agua subterránea.</p>	<p>La zona de influencia, en especial la zona aledaña a la fuente abastecedora es recuperada, no se reflejan actividades que reflejen el uso ineficiente del agua tanto en la zona de influencia como en las instalaciones del centro de formación, los mecanismos de desarrollo sostenible y las políticas ambientales y normativas a nivel local, regional y nacional se cumplen a cabalidad.</p>
<p>de 1,4 °C hasta 2°C, generando alteraciones importantes en los</p>	<p>Las áreas productivas incorporan en sus actividades mecanismos de</p>	<p>La temperatura media en la zona no sufre incrementos, ni los niveles</p>

diferentes ecosistemas, respecto a las precipitaciones, la tendencia es al aumento de lluvias en un 16,52% a un 17,24%, tal como lo definen los escenarios a nivel Departamental y Municipal, esto puede incrementar los riesgos por eventos de erosivos, tales como la remoción en masa en la parte alta de la microcuenca y pérdidas de cobertura vegetal en la parte alta, media y baja de la microcuenca.

adaptación al cambio climático, teniendo en cuenta el posible aumento de temperatura media e incrementos de precipitaciones en la zona.

de precipitación reflejan aumento, por lo tanto, no se generan riesgos por eventos climáticos extremos.

Social

La comunidad educativa presenta acelerado crecimiento y mayor consumo de agua, las condiciones sociambientales de aprendices, instructores y administrativos pueden verse afectadas por el acceso adecuado al servicio de agua, se realizan actividades de educación ambiental para mejorar la cultura del uso eficiente y ahorro del agua en las diferentes áreas del centro de formación, pero parte de los actores no ejecutan buenas prácticas ambientales.

La comunidad aledaña genera conflictos ambientales por el limitado acceso al recurso y la disminución de cantidad de agua en la fuente abastecedora, dado que esto afecta directamente su capacidad para el desarrollo de sus actividades productivas.

Los integrantes de la comunidad educativa en conjunto con la comunidad de la zona articulan procesos de educación ambiental en pro de la conservación y sostenimiento del ecosistema hídrico.

El centro de formación ejecuta acciones de educación ambiental en pro del uso eficiente y ahorro de agua, gran parte de la comunidad se apropia del tema e implementan buenas prácticas ambientales de acuerdo a la política ambiental de la institución y la normatividad vigente.

Los conflictos con la comunidad aledaña se convierten en oportunidad para ejecutar acciones de gobernanza del agua.

Tanto la comunidad educativa como la comunidad asentada en la zona de influencia directa del centro de formación, se unen para ejecutar acciones en pro del sostenimiento y conservación del ecosistema hídrico, buscando equidad en el acceso al recurso hídrico y ambos buscan fuentes alternativas de abastecimiento de agua.

Toda la comunidad adquiere una alta cultura ambiental, la cual se refleja en todas las actividades productivas desarrolladas bajo mecanismos y estándares ambientales.

Económico

Se realizan pocas inversiones en el mejoramiento del sistema de acueducto e infraestructura que mejore las condiciones de servicio a los usuarios.	Las actividades productivas requieren mayor demanda de recurso hídrico, por lo cual se debe realizar mayor inversión en el mejoramiento del sistema de acueducto.	Se realizan todas las inversiones necesarias para mejorar el sistema de acueducto por parte del centro de formación y comunidad aledaña. Se implementa un sistema eficiente de medición de consumo de agua.
No se mejora el sistema de macro y micromedición de consumos de agua, haciendo imposible conocer las pérdidas técnicas de agua y de esta forma los mecanismos de uso eficiente y ahorro de agua no serían acordes a la demanda real del servicio.	El centro de formación invierte recursos en infraestructura, micromedición y estudios para evaluar fuentes alternativas para abastecimiento de agua. La comunidad aledaña realiza algunas inversiones para la conservación de la fuente receptora e incorpora micromedición a sus usuarios para la medición del consumo.	La comunidad externa al centro de formación realiza inversiones en pro de la gestión adecuada del recurso hídrico, evitando pérdidas de agua y generando medidas de uso eficiente en todas las actividades productivas.
La comunidad aledaña no realiza ningún tipo de inversión para el mejoramiento de su sistema de acueducto y de esta manera disminuir la presión al ecosistema hídrico.		

Político - Institucional

Se implementan normas y planes de manejo sin el seguimiento adecuado y continuo. Los entes de control en la zona ejercen control, pero sin mayor presión sobre comunidades aledañas que no cuentan con usos legales del agua. Las diferentes entidades involucran en sus planes de acción las estrategias definidas en el Plan Huila 2050 y la Ruta de Cambio Climático para el Municipio de Pitalito, pero no realizan el seguimiento adecuado al cumplimiento de los mismos.	Se cumple con la normatividad respecto a concesiones de agua superficial y la proyección de uso de agua subterránea, dando cumplimiento por parte del centro de formación a la normatividad ambiental definida en políticas a nivel nacional. El centro de formación establece planes de seguimiento y control al cumplimiento de la normatividad y además se articula con algunas estrategias definidas en el Plan Huila 2050 y Ruta de Cambio	La comunidad interna y externa al centro de formación establece planes y estrategias en común acuerdo con entes de control y mejora el relacionamiento interinstitucional para dar cumplimiento a la normatividad ambiental y generar mecanismos de ahorro y uso eficiente de agua.
--	--	---

Fuente: Construcción propia basado en escenarios planteado versus hipótesis (Pineda, 2018)

9.3 Modelo de gestión para gobernanza del agua de acuerdo a las medidas de manejo enfocadas en el ahorro y uso eficiente del recurso hídrico

Los modelos de Gobernanza del Agua han generado una fuerte relación hacia la escasez del agua en diferentes territorios del mundo, esto ha permitido dar un enfoque desde el punto de vista local y bajo unos principios generales del Desarrollo Sostenible se ha estructurado dichos modelos en diferentes regiones, lo cual ha permitido definir compromisos específicos de gobernanza para implementar un uso adecuado del recurso hídrico (Woodhouse & Muller, 2017). Como aspecto relevante en la estructuración de un modelo de gobernanza se debe tener en cuenta la participación activa de todas las partes interesadas, lo cual permite desarrollar acciones participativas efectivas para el uso integral del recurso hídrico (Megdal, Eden, & Shamir, 2017).

En el presente capítulo se define un modelo de gobernanza del agua y se definen las medidas que hacen parte del uso eficiente y ahorro del recurso hídrico, inicialmente se establece la relación entre los diferentes actores, lo cual se realiza mediante el uso del software MACTOR donde se identifica las relaciones de influencia, dependencia y de fuerza entre estos actores; posteriormente se describen las medidas de manejo y finalmente se propone un modelo de gestión para la gobernanza del agua en la zona.

9.3.1 Relación entre los actores involucrados en la gestión del recurso hídrico en la zona de estudio.

La relación entre actores se logra describir mediante la aplicación del programa MACTOR, el cual permite establecer y aplicar instrumentos de perspectiva territorial, buscando definir los actores y su relación de dependencia e influencia, lo cual se convierte en herramienta para posterior toma de decisiones.

9.3.1.1 Identificación de actores.

Para aplicar el juego de actores, inicialmente se identificaron los actores involucrados y que tienen injerencia de acuerdo al diagnóstico realizado y a la problemática propia de la investigación, para esto se identificaron en total 10, los cuales se mencionan en la siguiente tabla:

Tabla 18. Variables del sistema

No	Actores (Variables)	Nombre corto	Descripción
1	Aprendices	AP	Aprendices centro de formación
2	Instructores	INST	Instructores centro de formación
3	Administrativos	ADM	Administrativos centro de formación
4	Operativos	OP	Personal operativo centro de formación
5	Fontanería acueducto veredal	FONT	Fontanero acueducto veredal La Paz
6	Autoridad ambiental	AUTAMB	Autoridad ambiental CAM
7	Apoyo Ambiental SIGA	SIGA	Profesionales apoyo Sistemas de Gestión y Autocontrol (SIGA) SENA
8	Municipio de Pitalito	MPTO	Injerencia de la administración municipal
9	Ecosistema	ECOS	Ecosistema hídrico
10	Usuarios acueducto veredal	UAV	Usuarios finales acueducto la paz

Fuente: construcción propia

9.3.1.2 Definición de objetivos estratégicos.

Para definir los objetivos en relación a cada uno de los actores, se tomaron sugerencias realizadas por expertos en el tema de gestión del recurso hídrico y también se consultaron diversos estudios relaciones con programas de uso eficiente y ahorro de agua. A continuación, se relacionan los objetivos estratégicos que luego se relacionan con los actores.

Tabla 19. Objetivos estratégicos de acuerdo a actores identificados

No	Título largo	Título corto
1	Garantizar un buen servicio de abastecimiento de agua con infraestructura técnica e instalaciones de sistema de tratamiento	OBJ 1
2	Recibir formación profesional con altos de niveles de calidad y condiciones de saneamiento básico	OBJ 2
3	Implementar programas de mantenimiento de la infraestructura hidráulica	OBJ 3
4	Gestionar los proyectos necesarios para mejorar el servicio de acueducto en el centro de formación	OBJ 4
5	Realizar control y seguimiento a los indicadores de consumo de agua	OBJ 5

6	Desarrollar programas de educación ambiental relacionados con el uso eficiente y ahorro de agua	OBJ 6
7	Realizar actividades para el mantenimiento y conservación del ecosistema hídrico	OBJ 7
8	Realizar control y seguimiento para el cumplimiento de la normatividad ambiental	OBJ 8
9	Realizar aprovechamiento eficiente del agua en todas las actividades productivas	OBJ 9
10	Implementar mecanismos de adaptación al cambio climático y variabilidad climática	OBJ 10

Fuente: Construcción propia

9.3.1.3 Matriz de influencias directas (MID).

Luego de la identificación de los actores, se elabora la matriz de influencias directas de las variables o actores en relación a los demás, según lo define MACTOR los valores asignados (1 a 3) definen el grado de influencia, donde 1 tiene influencia débil, 2 débil y 3 fuerte, posteriormente esta matriz se cruza con la de influencias indirectas para su respectivo análisis.

Tabla 20. Matriz de influencia directa (MID)

	1 : AP	2 : INST	3 : ADM	4 : OP	5 : FONT	6 : AUTAM	7 : SIGA	8 : MPTO	9 : ECOS	10 : UAV
1 : AP	0	3	1	1	1	1	2	1	3	1
2 : INST	3	0	3	2	1	1	3	1	3	1
3 : ADM	1	3	0	3	2	3	3	1	3	3
4 : OP	1	2	3	0	2	1	3	1	3	2
5 : FONT	1	1	1	2	0	2	2	1	3	3
6 : AUTAMB	1	1	3	1	2	0	3	3	3	3
7 : SIGA	3	3	3	3	2	3	0	2	3	2
8 : MPTO	1	1	1	1	1	3	2	0	3	2
9 : ECOS	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3
10 : UAV	1	2	2	3	3	2	2	2	3	0

Fuente: Construcción propia

9.3.1.3 Matriz de posiciones valoradas

En la tabla relacionada a continuación se establece si los actores están a favor o en contra respecto a los objetivos propuestos en relación al tema de uso eficiente y ahorro de agua en el centro de formación Tecnoparque Agroecológico Yamboró. La valoración tiene un rango de 0 a 4, la valoración se debe interpretar de la siguiente manera:

0: El actor es neutral al objetivo

1: Para el actor el objetivo es poco importante

2: Para el actor el objetivo es medianamente importante

3: Para el actor el objetivo es muy importante

4: Para el actor el objetivo es extremadamente importante

Tabla 21. Matriz de posiciones valoradas

	OBJ 1	OBJ 2	OBJ 3	OBJ 4	OBJ 5	OBJ 6	OBJ 7	OBJ 8	OBJ 9	OBJ 10
AP	3	4	2	2	3	3	3	3	3	3
INST	3	4	2	3	3	4	3	3	4	4
ADM	4	4	4	3	3	3	3	3	4	4
OP	4	2	4	2	2	3	3	2	3	3
FONT	3	0	4	2	3	2	3	-2	2	2
AUTAMB	4	2	2	2	2	3	3	4	4	4
SIGA	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4
MPTO	3	2	2	2	2	3	3	4	3	3
ECOS	3	2	3	-2	3	4	4	4	4	4
UAV	4	0	3	-2	1	3	4	-3	3	2

Fuente: construcción propia

9.3.1.4 Matriz de influencias directas e indirectas (MIDI).

La matriz MIDI determina las influencias directas o indirectas entre los actores. La utilidad de esta matriz es su visión más completa de los juegos de competitividad (un actor puede reducir el número de opciones de otro al influir en él a través de un actor intermediario). La operación de "suma" utilizada para calcular la MIDI no produce (en esta nueva matriz) la misma escala de intensidades adoptada para evaluar las influencias directas en el MDI. A pesar de esto, los valores en MIDI son un buen indicador de la importancia de las influencias directas e indirectas que los actores tienen entre sí. Se calculan dos indicadores a partir del MIDI (Informe Reporte final MACTOR):

- El grado de influencia directa e indirecta de cada actor (sumando filas).
- El grado de dependencia directa e indirecta de cada actor (sumando columnas).

Tabla 22. Matriz de influencias directas e indirectas MIDI

Actores	AP	INST	ADM	OP	FONT	AUTAMB	SIGA	MPTO	ECOS	UAV	Influencia neta
AP	14	14	14	13	12	12	14	12	14	12	117
INST	15	18	16	16	14	15	17	12	18	15	138
ADM	15	17	20	19	17	17	21	15	22	18	161
OP	14	17	17	18	15	17	18	13	18	16	145
FONT	12	14	15	15	16	14	15	14	16	16	131
AUTAMB	13	16	16	18	16	19	18	15	20	18	150
SIGA	15	19	20	18	16	18	23	15	24	19	164
MPTO	12	13	15	13	14	15	15	15	15	15	127
ECOS	15	19	20	19	17	19	23	15	27	20	167
UAV	13	15	17	17	17	16	19	14	20	18	148
Dependencia Neta	124	144	150	148	138	143	160	125	167	149	1448

Fuente: Construcción propia

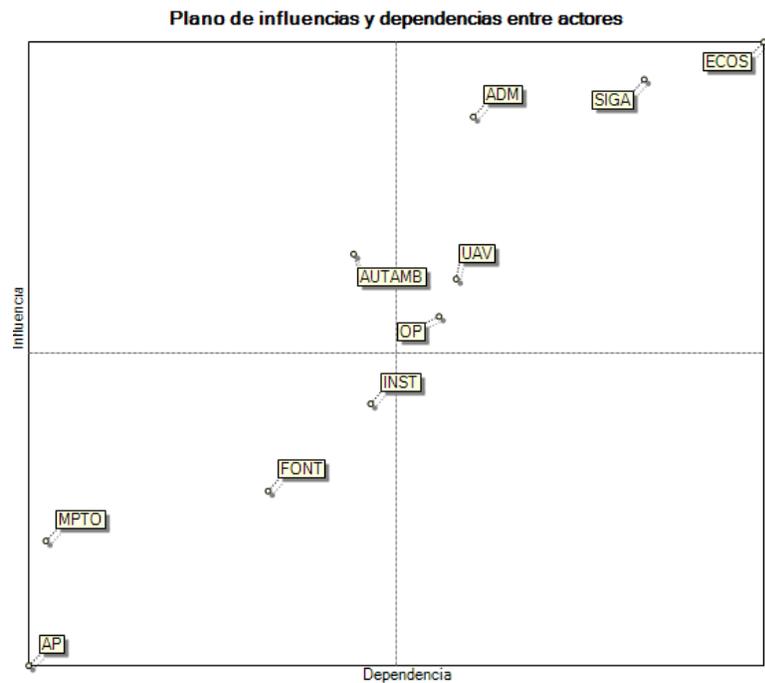
De acuerdo a los resultados de la matriz MIDI, con relación a la dependencia neta los actores con mayor valor son: 1. Ecosistema, 2. SIGA, 3. La Administración y 4. Los usuarios acueducto veredal.

Respecto a la influencia neta en si orden están: 1. Ecosistema, 2. SIGA, 3. La Administración y 4. La autoridad ambiental.

9.3.1.5 Plano de influencias y dependencia entre actores.

El mapa de influencia y dependencia entre actores es una representación gráfica de las posiciones de los actores con respecto a las influencias y dependencias (directas o indirectas) entre sí. Las posiciones se calculan automáticamente por el software MACTOR (Reporte informe final MACTOR).

Figura 85. Plano de influencias y dependencias entre actores



Fuente: El autor

Según el plano anterior, en el cuadrante 1 se encuentran los actores dominantes, en el cuadrante 2 están los actores de enlace, en el cuadrante 3 se encuentran los actores autónomos y en cuadrante 4 se ubican los actores dominados (Tapia, 2016), siendo así, La autoridad ambiental se ubica como el actor dominante, reflejando su autonomía respecto al control ambiental en la región; en el cuadrante 2 los actores Administrativos, SIGA; Ecosistema, Usuarios del acueducto veredal y operarios son actores de enlace, lo cual indica que son dependientes de otros actores, pero a la vez son influyentes; en el cuadrante 3 no se ubica ningún actor, mientras que en el cuadrante 4 está fontanero de acueducto veredal, la administración municipal, instructores y aprendices, quienes se ubican como actores dominados con dependencia moderada.

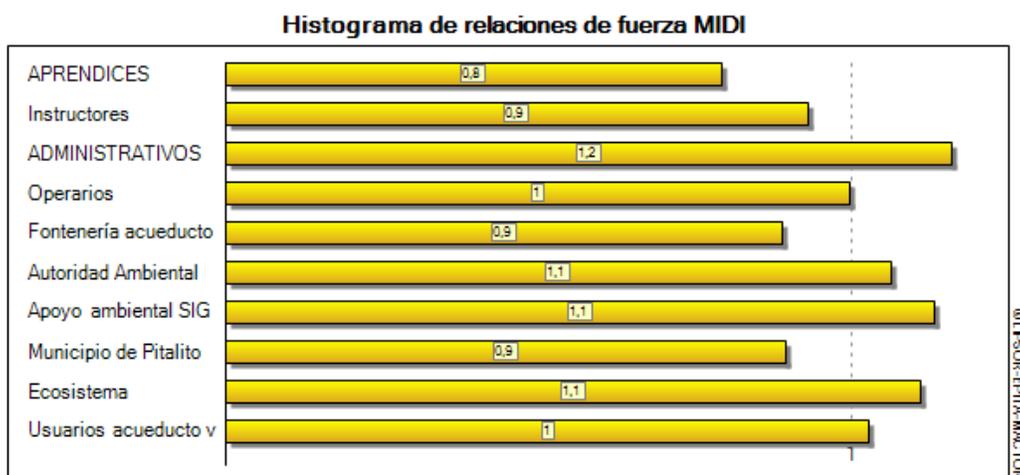
En la siguiente tabla puede observarse la relación fuerza entre actores, la cual se obtiene a partir de las influencias y dependencias.

Tabla 23. Relación fuerza de los actores

Actores	Ri
AP	0,79
INST	0,93
ADM	1,16
OP	1,00
FONT	0,89
AUTAMB	1,06
SIGA	1,13
MPTO	0,90
ECOS	1,11
UAV	1,03

Ri es la relación de fuerza del actor teniendo en cuenta las influencias y dependencias directas e indirectas y su retroacción. A partir de estos resultados, los actores de mayor fuerza son : 1. La Administración, 2. SIGA, 3. Ecosistema, 4. Autoridad Ambiental, 5. Usuarios acueducto veredal; por el contrario los de menor fuerza son: 1. Operarios 2. Instructores, 3. Municipio, 4. Fontanero acueducto veredal y 5. Aprendices. La información de la tabla anterior se resume en el siguiente histograma.

Figura 86. Histograma de relaciones fuerza MIDI

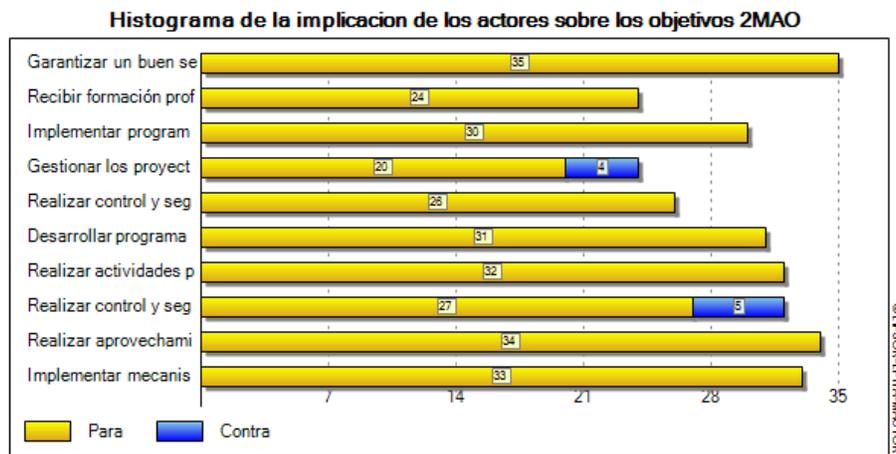


Fuente: El autor

9.3.1.6 Implicación de actores sobre objetivos.

Este histograma se produce a partir de la matriz de relación valorada entre actores y objetivos. Representa la movilización de los objetivos del actor. El histograma se usa para identificar para cada actor, el alcance de su posición con respecto a los objetivos definidos, a favor o en contra. La barra de coloración amarillo indica acuerdo de los actores frente a los objetivos y el azul desacuerdo, de esta forma la gráfica indica que los actores en su mayoría están en acuerdo con los objetivos planteados.

Figura 87. Histograma de implicación de actores sobre objetivos



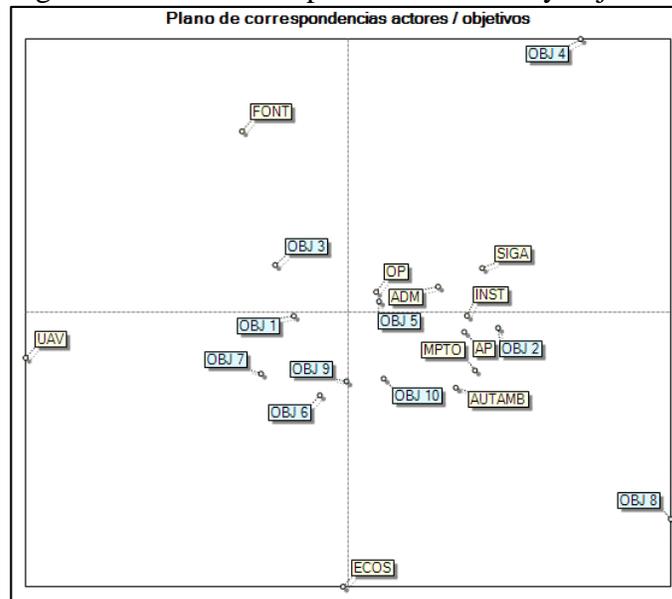
Fuente: El autor

En la siguiente figura de muestra el plano de correspondencias entre actores y objetivos, se destaca que en los cuadrantes 2 y 3 se encuentra la mayor correspondencia, lo cual indica que se tienen en cuenta criterios de control y seguimiento, además de la incorporación de mecanismos de adaptación al cambio climático, en el cuadrante 4 se encuentra el ecosistema que va en relación con objetivos de conservación y protección del recurso y el aprovechamiento eficiente del agua de la mano con los programas de educación ambiental.

En la figura 89 se observa la convergencia entre los actores, mostrando las más importantes entre los actores Autoridad ambiental SIGA, Municipio, Aprendices, Operarios, Administrativos e Instructores, esto implica el esfuerzo para un adecuado control y

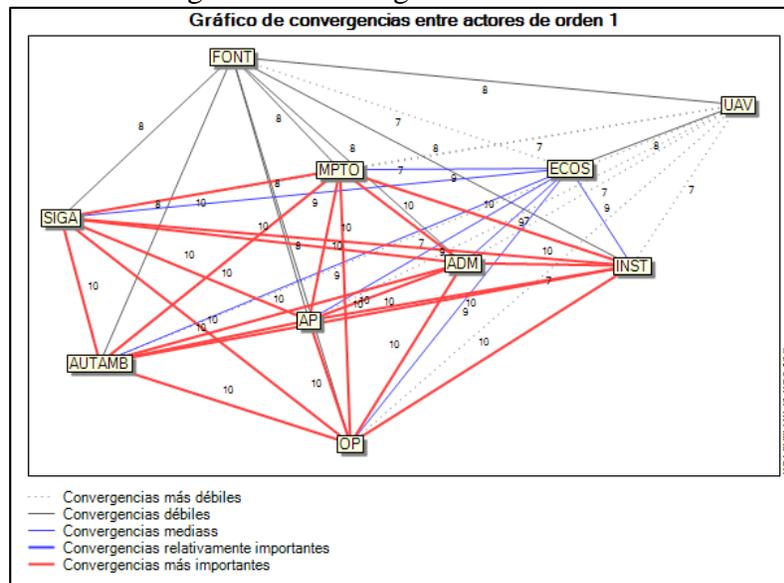
seguimiento en cuanto al cumplimiento de normatividad ambiental y el desarrollo de buenas prácticas ambientales por parte de la comunidad educativa. También puede observarse una convergencia relativamente importante entre el ecosistema con el Municipio, el SIGA, Autoridad Ambiental, Aprendices, Administrativos e Instructores, ya que estos son los que pueden hacer que los objetivos se logren y se disminuya la presión al recurso hídrico.

Figura 88. Plano correspondencia actores y objetivos



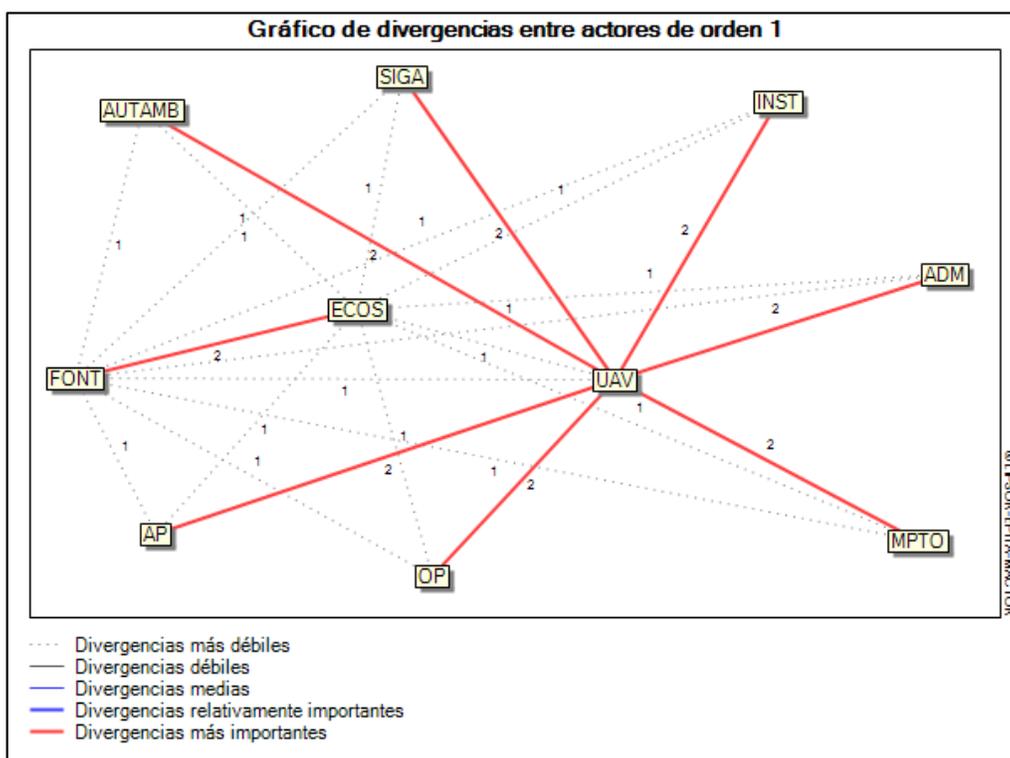
Fuente: El autor

Figura 89. Convergencia entre actores



Fuente: El autor

Figura 90. Divergencias entre actores



Fuente: El autor

La anterior figura evidencia la gran divergencia que existe frente a los usuarios del acueducto veredal, ya que sus acciones han venido generando un conflicto ambiental frente al uso del agua y a la ausencia de prácticas sostenibles para mantener el ecosistema hídrico, generando de esta manera beneficios para todos.

9.3.2 Formulación medidas de gestión para el uso eficiente y ahorro del agua.

Teniendo en cuenta el estado actual del sistema de acueducto, el comportamiento de la demanda de agua, los escenarios de cambio climático y los actores involucrados en el estudio, en el presente capítulo se formulan las estrategias que contribuirán al uso eficiente y ahorro del agua en el centro de formación Tecnoparque Agroecológico Yamboró.

Para formular las estrategias se tiene en cuenta además del diagnóstico del sistema y el comportamiento de variables climáticas, estrategias implementadas en otros centros de formación a nivel nacional e internacional, es así como centros de formación en educación superior, tales como la Universidad de Western Michigan implementa estrategias de

reducción de consumo de agua, entre las cuales están el riego automatizado en relación a la evapotranspiración de las plantas, también se usan duchas y grifos de bajo consumo, instalación de grifos sin contacto, orinales de lavado automático; por su parte la Universidad de Alcalá en España ha optado por instalar cisternas con descarga doble, grifos con sensores e instalaciones hidrosanitarias ahorradoras de agua y recolección de aguas lluvias; por su parte la Universidad de Keele ha implementado un programa riguroso de control de fugas y medición automatizada con registros cada media hora, identificando los puntos críticos de consumo y estableciendo medidas de uso eficiente del agua (Betancourt, L & Rodriguez, 2019), a nivel nacional las universidades Tecnológica de Pereira ha generado su plan de uso eficiente de agua enfocado en estrategias de tipo tecnológico y cambios culturales (Trujillo & Sarmiento, 2012) y la universidad Católica de Manizales por su parte plantea la ubicación de puntos de hidratación, aprovechamiento de aguas lluvias y sistemas ahorradores de agua en sus edificios (Betancourt, L & Rodriguez, 2019).

En la siguiente tabla se detalla cada una de las medidas de gestión formuladas para el uso eficiente y ahorro del agua en el centro de formación Tecnoparque Agroecológico Yamboró.

Tabla 24. Medidas de gestión para el uso eficiente y ahorro del agua en centro de formación Tecnoparque Agroecológico Yamboró

Medida de Gestión	Dimensión	Acciones	Actor responsable	Actor de apoyo
Protección y conservación de la fuente abastecedora del acueducto Yamboró	Ambiental	Reforestación en la zona protectora de la microcuenca.	SIGA Instructores Administrativos	Aprendices Operarios Fontanero Municipio
		Instrumentalización para el control de variables hidrológicas (Temperatura, Precipitación y caudal).	Administrativos SIGA Autoridad ambiental	Usuarios acueducto vereda La Paz
		Control de la calidad del agua mediante monitoreos mensuales.	SIGA Instructores Administrativos	Operarios
Impacto en sistema de captación, conducción y potabilización.	Ambiental	Jornadas de mantenimiento en conjunto con los usuarios del acueducto vereda La Paz.	SIGA Instructores Administrativos	Aprendices Operarios Autoridad ambiental Municipio
		Mejoramiento de infraestructura en el sistema de captación y desarenador para evitar colapso por riesgo de erosión en la zona aledaña.	SIGA Administrativos Usuarios acueducto vereda La Paz	Autoridad Ambiental
	Económico Institucional	Mantenimiento preventivo y correctivo a la red de conducción.	Operarios Administrativos	SIGA
		Mantenimiento preventivo y correctivo al sistema de tratamiento de agua potable	Operarios Administrativos	SIGA
		Modificación al sistema de tratamiento de agua potable en caso de ser necesario al momento de contar con fuente de captación de agua subterránea.	SIGA Administrativos	Instructores

		Operación del sistema de potabilización bajo estándares de calidad	Operarios	SIGA Instructores Administrativos
Impacto sobre redes de distribución	Ambiental Económico Institucional	Optimización de redes de agua cruda y agua potable y seguimiento a las pérdidas de agua.	SIGA Administrativos	Operarios
Macro y micromedición de consumo de agua	Ambiental Económico	Instalación de macromedidores en la salida del tanque de agua cruda. Adquisición de sistema tecnológico que permita realizar seguimiento y control del consumo de agua de manera continua en las diferentes áreas productivas. Diseñar o adquirir software para control y análisis estadístico de consumos de agua en el centro de formación.	SIGA Administrativos SIGA Administrativos SIGA Administrativos	Operarios Instructores Operarios Instructores
Control de fugas	Ambiental	Mantenimiento preventivo en las redes y reparación de fugas.	Operarios Administrativos	Aprendices
Reconversión de unidades hidrosanitarias	Económico Ambiental	Instalación de equipos y unidades ahorradoras de agua (sanitarios, duchas, grifos)	Administrativos SIGA	Instructores
Educación para el uso eficiente y ahorro del agua.	Social Ambiental Institucional	Sensibilización permanente en la temática de uso eficiente y ahorro del agua.	Instructores SIGA	Aprendices Administrativos Autoridad ambiental
Cumplimiento normatividad ambiental	Político institucional Político Institucional	Cumplimiento de requisitos para concesiones de agua superficial y subterránea ante autoridad ambiental. Realizar estudios hidrogeológicos correspondientes para captación de aguas subterráneas.	SIGA Administrativos SIGA Administrativos	Instructores Autoridad ambiental Municipio Instructores Autoridad Ambiental

Alternativas de abastecimiento de agua	Económico	Realizar la inversión necesaria para contar con captación de agua subterránea como fuente alternativa dado la disminución de caudal en la fuente superficial.	SIGA Administrativos	-
Adaptación al cambio climático y variabilidad climática	Ambiental Institucional	Desarrollar las actividades productivas teniendo en cuenta las estrategias de la Ruta de Cambio Climático y Plan Huila 2050.	Administrativos SIGA	Instructores Aprendices Operarios Autoridad ambiental Municipio

Fuente: Construcción propia

Para realizar el seguimiento y control a cada una de las medidas de gestión planteadas, es necesario diseñar metas e indicadores, lo cuales se formulan teniendo en cuenta el alcance de cada medida, sus acciones asociadas y la prioridad para el uso eficiente y ahorro del agua, en la siguiente tabla se detallan por cada acción las respectivas metas e indicadores.

Tabla 25. Objetivos, metas e indicadores para el uso eficiente y ahorro del agua en centro de formación Tecnoparque Agroecológico Yamboró

Medida de Gestión	Acciones	Objetivo	Meta	Indicadores
Protección y conservación de la fuente abastecedora del acueducto Yamboró	Reforestación en las partes alta, media y baja de la microcuenca.	Conservar las coberturas vegetales que rodean la fuente abastecedora	Realizar dos jornadas de reforestación/año. Implementar un plan padrino para vigilancia de las zonas reforestadas	Número de participantes/Jornada Numero de plántulas sembradas/jornada
	Instrumentalización para el control de variables hidroclimáticas (Temperatura, Precipitación y caudal).	Realizar control y medición de variables hidroclimáticas.	Adquisición de una estación hidroclimática en un periodo de 2 años.	Estación adquirida y en funcionamiento.
	Control de la calidad del agua mediante monitoreos mensuales.	Conocer el comportamiento de la calidad de agua	Un monitoreo de calidad de agua/mes	Número de parámetros que cumplen con la normatividad vigente/monitoreo

	Jornadas de mantenimiento en conjunto con los usuarios del acueducto vereda La Paz.	de acuerdo a las épocas del año Mitigar el impacto ambiental por le inadecuada disposición de residuos en la fuente hídrica.	Una jornada de limpieza/semestre	Número de participantes/jornada. Cantidad de residuos recolectados (Kg)/jornada.
Impacto en sistema de captación, conducción y potabilización.	Mejoramiento de infraestructura en el sistema de captación y desarenador para evitar colapso por riesgo de erosión en la zona aledaña.	Garantizar el buen funcionamiento del sistema de captación de agua.	Rediseñar sistema de captación y desarenador en un periodo de 1 año.	Infraestructura rediseñada. Numero de eventos erosivos/semestre.
	Mantenimiento preventivo y correctivo a la red de conducción.	Garantizar el buen funcionamiento de la red.	Un mantenimiento preventivo/semestre. Mantenimientos correctivos de acuerdo a necesidad.	Numero de mantenimientos preventivos/semestre. Numero de mantenimientos correctivos/semestre.
	Mantenimiento preventivo y correctivo al sistema de tratamiento de agua potable	Brindar el servicio de agua potable bajo estándares de calidad.	Un mantenimiento/mes	Numero de mantenimientos/semestre
	Modificación al sistema de tratamiento de agua potable en caso de ser necesario al momento de contar con fuente de captación de agua subterránea.	Rediseñar el sistema de acuerdo a las necesidades	Rediseñar el sistema una vez se adquiriera la concesión de agua subterránea.	Sistema rediseñado de acuerdo a requerimientos técnicos.
	Operación del sistema de potabilización bajo estándares de calidad	Suministrar servicio de agua apta para consumo humano.	Cumplir con 100% de los parámetros de calidad de agua apta para el consumo humano.	Índice de riesgo de calidad de agua para consumo humano/mes
Impacto sobre redes de distribución	Optimización de redes de agua cruda y agua potable.	Evitar pérdidas de agua.	Mantener el porcentaje de pérdidas en un máximo de 25%	Porcentaje de pérdidas de agua/mes.

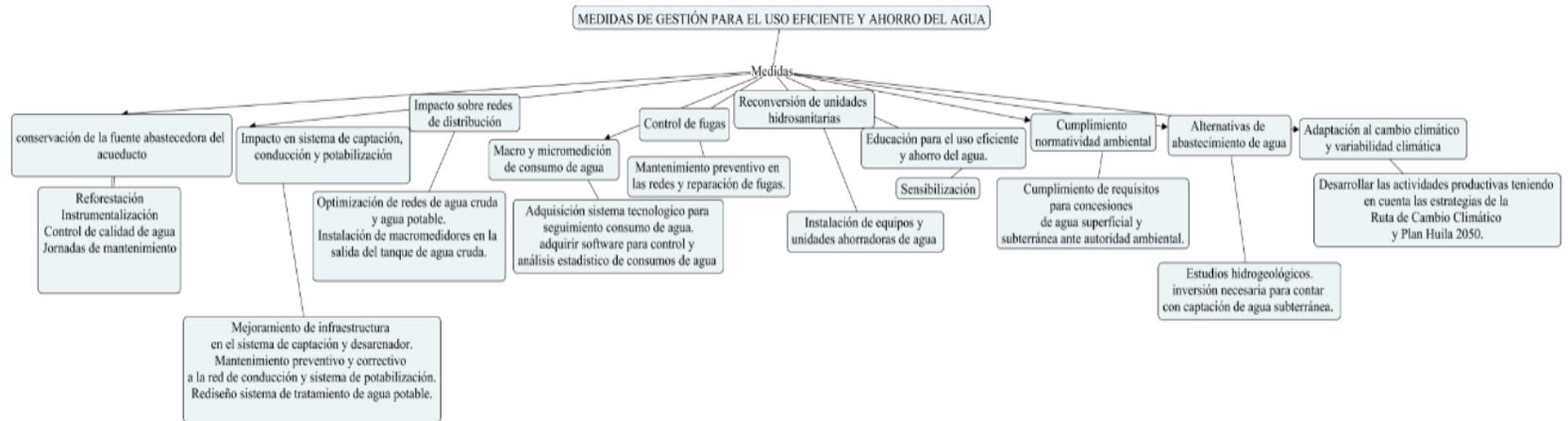
	Instalación de macromedidores en la salida del tanque de agua cruda.	Medir la cantidad de agua entregada a los usuarios.	Medir el 100% del agua entregada.	Volumen de agua entregada/mes
Macro y micromedición de consumo de agua	Adquisición de sistema tecnológico que permita realizar seguimiento y control del consumo de agua de manera continua en las diferentes áreas productivas.	Medir la cantidad de agua consumida por cada área productiva o usuario.	Implementar sistema de micromedición para 100% de los usuarios en un año.	Consumo de agua/usuario/mes
	Diseñar o adquirir software para control y análisis estadístico de consumos de agua en el centro de formación.	Analizar el comportamiento de las curvas de consumo de agua	Implementar software estadístico de consumo de agua en un año.	Software implementado
Control de fugas	Mantenimiento preventivo en las redes y reparación de fugas.	Evitar el incremento de pérdidas de agua.	Atender y solucionar el 100% de las fugas presentadas.	Numero de fugas presentadas/mes Numero de fugas solucionadas/mes
Reconversión de unidades hidrosanitarias	Instalación de equipos y unidades ahorradoras de agua (sanitarios, duchas, grifos)	Disminuir el consumo de agua.	Disminuir el consumo de agua en un 25% por mes.	Número de unidades ahorradoras instaladas/semestre.
Educación para el uso eficiente y ahorro del agua.	Sensibilización permanente en la temática de uso eficiente y ahorro del agua.	Generar cambios socioculturales en la comunidad	Sensibilizar al 100% de la comunidad presente por cada periodo académico.	Número de personas sensibilizadas/semestre.
Cumplimiento normatividad ambiental	Cumplimiento de requisitos para concesiones de agua superficial y subterránea ante autoridad ambiental.	Dar cumplimiento a la normatividad vigente en relación al recurso hídrico.	Cumplir con el 100% de la normatividad ambiental.	Porcentaje de cumplimiento de la normatividad.
	Realizar estudios hidrogeológicos correspondientes para captación de aguas subterránea.	Evaluar alternativas de abastecimiento de agua.	Realizar un estudio hidrogeológico en un periodo de un año.	Estudio realizado.

Alternativas de abastecimiento de agua	Realizar la inversión necesaria para contar con captación de agua subterránea como fuente alternativa dado la disminución de caudal en la fuente superficial.	Implementar fuente alterna a la captación de agua superficial.	Implementar sistema de captación de agua subterránea en un periodo de un año.	Inversión realizada en sistema de captación de agua subterránea.
Adaptación al cambio climático y variabilidad climática	Desarrollar las actividades productivas teniendo en cuenta las estrategias de la Ruta de Cambio Climático y Plan Huila 2050.	Implementar medidas de adaptación al cambio y variabilidad climática.	Formular e implementar un plan de acción del centro de formación enfocado en las estrategias de adaptación al cambio climático.	Sistema implementado. Plan formulado. Numero de estrategias implementadas/año.

Fuente: Construcción propia

En el siguiente esquema se resumen las diferentes medidas de gestión propuestas de acuerdo a las necesidades que presenta el sistema de acueducto del centro de formación Tecnoparque Agroecológico Yamboró.

Figura 91. Esquema general medidas de gestión uso eficiente y ahorro del agua



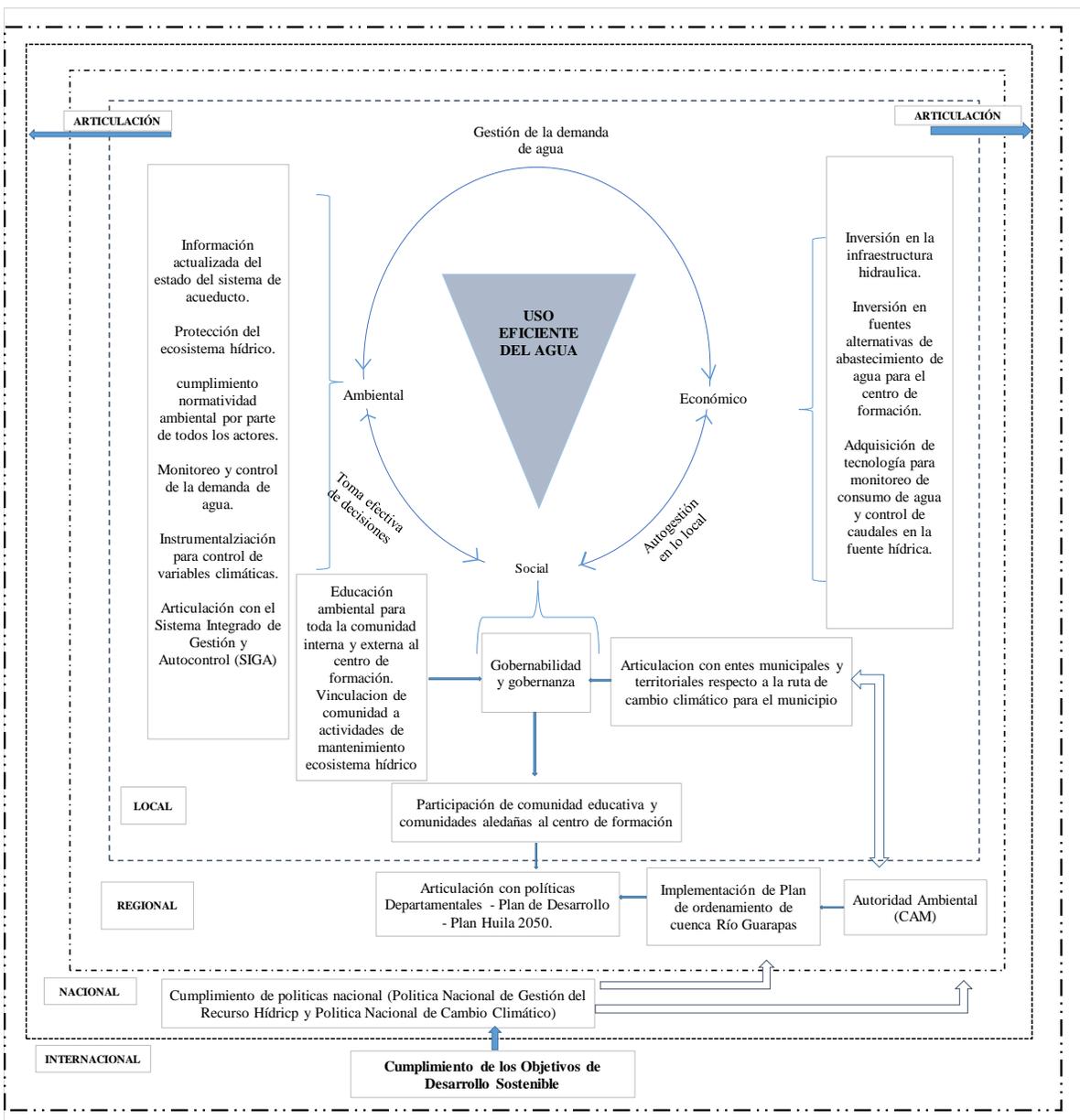
Fuente: El autor

9.3.3 Modelo de Gestión para la gobernanza del agua.

La gobernanza del agua debe establecer mecanismos de comunicación que permitan dar a conocer lo que las instituciones realizan de acuerdo a políticas gubernamentales, requiere además, de políticas basadas en principios de transparencia, permitiendo de esta manera que los actores involucrados en cierta región puedan tener acceso a la información, también es fundamental la participación activa con enfoque incluyente y además se deben involucrar principios de responsabilidad, coherencia, efectividad e integralidad, lo cual garantizaría que las problemáticas asociadas al recurso hídrico sean solucionadas de acuerdo al contexto real de las regiones (Rogers, 2015).

Buscando dar solución a la problemática del uso ineficiente del agua y teniendo en cuenta las necesidades en cuanto a la implementación fortalecimiento de medidas de gestión de gobernanza del agua y bajo el contexto de que la escasez del agua debe estudiarse bajo aspectos de variabilidad climática y cambio climático (Universidad de Jaen, 2014), se formula una propuesta de gobernanza del agua, ya que la tendencia indica que las temperaturas en la zona de estudio pueden incrementar y aunque las precipitaciones podrían aumentar, esto generaría mayores riesgos de generación de eventos erosivos y alteraciones en la calidad y disponibilidad del recurso. La gobernanza del agua además implica una correcta toma de decisiones y participación activa de las comunidades, que son quienes conocen la realidad de su problemática asociada a la gestión del agua, por lo cual se requieren acuerdos y compromisos que busquen el logro de metas en común (Bocarejo, 2018), es así como para mejorar la gestión del recurso hídrico dentro del centro de formación y su área de influencia directa, se busca involucrar desde el contexto local hasta el internacional diferentes aspectos ambientales, económicos y sociales que contribuyan en la implementación de las medidas de gestión de uso eficiente y ahorro del agua.

Figura 92. Modelo gobernanza para implementación de medidas de gestión del agua centro de formación Tecnoparque Agroecológico Yamboró.



Fuente: El autor, basado en modelo de gobernanza cuenca Río Cuja (Gutiérrez, 2018)

El modelo de gobernanza propuesto se estructura a partir de escala internacional, nacional, regional y local, involucrando las medidas de gestión y los diferentes actores que tienen injerencia dentro del área de influencia del centro de formación, según lo plantea (Gutierrez, 2018) este tipo de modelos permiten involucrar las acciones a diferentes escalas bajo la dimensión social, ambiental y económica.

En la escala internacional están representados los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), los cuales enmarcan las políticas de desarrollo a nivel mundial, es especial se tienen en cuenta dentro de este modelo se contemplan los ODS número 6, que busca la implementación de estrategias de agua limpia y saneamiento básico y el ODS número 13 que define las acciones por el clima, tal como se ha mencionado anteriormente son parte fundamental para la solución a la problemática del uso ineficiente y escasez del agua. Así mismo la escala nacional implica el desarrollo de las medidas y estrategias definidas en las políticas nacionales de gestión del recurso hídrico, la cual define estrategias enfocadas en oferta, demanda, uso sostenible del agua, ordenamiento del recurso, reducción de contaminación, calidad de agua, disponibilidad hídrica e instrumentos de planificación (Ministerio de Ambiente, 2010); por su parte la política de cambio climático define en una sus líneas instrumentales la planificación de la gestión del cambio climático y además contempla incentivos al uso eficiente para acueductos vulnerables (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS, 2017).

A escala regional es importante que las políticas definidas en el Plan Huila 2050 y el Plan de Desarrollo Departamental sean articulados por la autoridad ambiental para que las instituciones puedan generar sus acciones buscando aportar a las estrategias definidas en dichas políticas, además, dado que la microcuenca donde se ubica la Quebrada Seca que es la fuente abastecedora del acueducto Yamboró se ubica en la cuenca del río Guarapas, es importante que las acciones realizadas mediante medidas de gestión en la zona sean incluidas en el Plan de Ordenamiento de esta cuenca, articulando de esta forma esfuerzos en pro de la gestión del recurso hídrico y su oferta ambiental en la zona de estudio.

A nivel local se encuentran los ejes social, ambiental y económico, dando mayor relevancia para la presente investigación, dichos ejes deben estar articulados con las diferentes medidas de autogestión local, generando de esta forma una correcta toma de

decisiones, teniendo en cuenta algo muy importante como lo es, la gestión de la demanda del agua, de esta forma mediante el desarrollo del eje social y participación tanto de comunidad interna y externa al centro de formación se logra constituir el modelo de gobernanza de agua.

El modelo de gobernanza presentado hace un énfasis importante en la participación de los actores sociales, ya que esto permite mejorar las acciones y la toma de decisiones, afirmación que concuerda con otros estudios como el desarrollado en México, donde se afirma que la contribución de los colectivos sociales permite incorporar factores de eficiencia y efectividad en los modelos de gobernanza del agua (Musseta, 2009).

La propuesta del modelo busca integrar a todos los actores, buscando involucrarlos en la toma de decisiones respecto al uso eficiente del recurso hídrico, lo cual es acorde con lo planteado por (González, 2017), quien sugiere que las Instituciones no solo se deben limitar a realizar acompañamientos, lo cual impide dar cierta continuidad a los procesos de gestión, así mismo este autor plantea que se debe existir una mejor organización de redes y coyuntura de los intereses de todos los actores, tal como lo propone el modelo presentado en esta investigación.

Como aspecto importante del modelo de gobernanza, también está la incorporación de mecanismos de corresponsabilidad entre entidades y población de la zona de interés, tal como lo proyecta (Bustos, Garcia, Juarez, & Quintero, 2018) se debe implementar una autogestión social, buscando no solo establecer la autoridad bajo un marco legal, sino definir responsabilidades por parte de los diferentes actores. De la misma manera, en otras investigaciones como la realizada por (Fajardo & Meléndez, 2019) también definen la importancia de incluir mecanismos claros que contribuyan en la cobertura de necesidades básicas, además también propone un modelo de equidad y participación que puede ser implementado tanto en zonas urbanas como rurales, al igual que el modelo propuesto en la presente investigación.

10. Conclusiones

El diagnóstico del comportamiento del caudal luego de realizar un total de 88 mediciones en la fuente abastecedora teniendo en cuenta épocas de verano e invierno, mostró un rango de caudal mínimo de 2 L/s hasta un máximo de 44,73 L/s, el caudal promedio para el año 2018 fue de 15,6 L/s y para el 2019 el caudal medio fue de 10 L/s, mostrando una disminución media del 35,9% de la oferta de agua en la fuente receptora del acueducto del centro de formación.

La calidad del agua en el punto de captación del acueducto del centro de formación Tecnoparque Agroecológico Yamboró, una vez aplicada la metodología del índice de calidad de agua NSF es de calidad media, siendo el parámetro más relevante los coliformes fecales, lo cual indica que la fuente está siendo afectada por actividades antrópicas que generan carga contaminante, por lo cual es importante la correcta operación del sistema de potabilización de agua, lo cual garantiza que el agua sea apta para el consumo humano.

El sistema de potabilización de agua está diseñado para un caudal máximo de 1 L/s, es operado con caudal medio de 0,6 L/s durante 10 horas diarias en promedio, su infraestructura se encuentra en buen estado y la capacidad de almacenamiento total de agua potable es de 64 m³, lo cual permite garantizar el servicio en caso de posible suspensión temporal de la operación de la planta de tratamiento.

Las curvas de consumo de agua potable del centro de formación fueron analizadas teniendo en cuenta los periodos académicos (febrero a noviembre) del año 2014 a 2019, el consumo total para los seis periodos fue de 24.136 m³, siendo el año 2018 el de mayor consumo con 4927,6 m³ y el de menor consumo fue el año 2014 con 3.164, 1 m³; respecto a los consumos mensuales, el mes al mes donde hubo más consumo fue en el mes de mayo y el de menor consumo fue junio. Respecto a las curvas de consumo de las cuatro áreas productivas analizadas, éstas en conjunto presentaron un consumo total de 10.923 m³ en los seis periodos estudiados, esto representa un 45,3% del total de agua entregada, indicando la necesidad de incrementar con la micromedicación para conocer el porcentaje de pérdidas de agua y establecer las mejoras respectivas para disminuir los consumos.

Los escenarios de cambio climático definidos por el IDEAM para los periodos de 2011 – 2040, 2041 – 2070 y 2071 – 2100, indican que la temperatura media para el Departamento del Huila se incrementara en 0,8°C; 1,4°C y 2,1 °C respectivamente, en cuanto a las precipitaciones los escenarios indican que se incrementarían en 16,52%, 17,74% y 17,24%, estos escenarios son acordes con lo presentado en la Ruta de Cambio Climático definida para el Municipio de Pitalito donde se indica además que Pitalito capacidad adaptativa al cambio climático de nivel medio, esto indica la necesidad de establecer de manera urgente medidas reales y eficaces que contribuyan en el ahorro y uso eficiente del agua en la zona de influencia del centro de formación.

Una vez analizado el comportamiento de las variables fundamentales para establecer escenarios de cambio climático con un periodo de análisis que corresponde a 45 años comprendidos entre 1972 a 2016, se construyeron 45 climogramas, donde se logró identificar que la temperatura media ha presentado una tendencia al aumento, mostrando en la serie de tiempo que en el año de 1973 la temperatura media fue de 19.5 °C, mientras que para 2016 fue de 21.1 °C, mostrando un incremento medio de 1,6°C, lo cual genera un panorama preocupante y ratifica lo establecido por el IDEAM y la Ruta de cambio climático.

Respecto a fenómenos de variabilidad climática, la zona presentó disminuciones importantes de las precipitaciones e incrementos de temperaturas por fenómenos del niño en el periodo de septiembre 1997 a febrero de 1998, también se observó aumento importante de las temperaturas entre los meses de agosto de 2015 hasta febrero de 2016, generando una alteración en la demanda de agua en la zona. También se observó en diferentes años variaciones importantes de precipitaciones, evidenciando de esta forma que la variabilidad climática en la zona ha generado diferentes efectos y por ende es necesario establecer mecanismos de adaptación teniendo en cuenta la tendencia de los escenarios.

Teniendo en cuenta el comportamiento de las variables climáticas y el diagnóstico del sistema de acueducto, se formularon los cambios tendenciales, posibles e ideales a partir de las dimensiones ambiental, social, político e institucional, encontrando que es muy urgente establecer medidas de gestión para proteger el ecosistema hídrico, los cambios urgentes se relacionan con el control de actividades productivas, control ambiental e inversión para mejorar el funcionamiento del sistema y disminuir el consumo de agua.

Los escenarios de cambio climático tendencial para la zona de influencia del centro de formación, indican que la temperatura media aumentará en 2 °C para los próximos años, así mismo el comportamiento de las precipitaciones genera incrementos que pueden ocasionar más riesgos de eventos erosivos; el escenario posible, plantea acciones de cambio frente a la solución gradual del conflicto con los usuarios del acueducto veredal La Paz, además inversiones graduales en el mejoramiento de infraestructura y medidas educativas con apoyo de todos los actores para disminuir el consumo de agua y por ende la presión al ecosistema hídrico; respecto al escenario ideal se plantea cambios sustanciales por parte de todos los actores involucrados, ya que se requiere del cumplimiento estricto de la normatividad y la unión de todos los actores para generar cambios que permitan proteger la fuente hídrica, generar alternativas de abastecimiento y un cambio de prácticas ambientales que permitan disminuir los consumos del agua.

El análisis de los actores y objetivos estratégicos permitió identificar que los actores más dependientes e influyentes son el ecosistema, el Sistema Integrado de Gestión y Autocontrol, la Administración del centro de formación y los usuarios del acueducto veredal, el objetivo que más une a los actores es de garantizar un buen servicio de abastecimiento de agua, seguido por el aprovechamiento eficientes del agua en todas las actividades productivas, el actor con mayor fuerza es que abarca la parte administrativa del centro de formación, puesto que son fundamentales en la toma de decisiones y en la articulación con los demás actores.

Se propone un modelo de gobernanza de agua enfocado en los ejes social, ambiental y económico, los cuales deben ser articulados con todos los actores para el logro de las medidas de gestión propuestas a nivel local y con ello poder contribuir a nivel regional, nacional e internacional teniendo como actores articuladores a la autoridad ambiental, al municipio y a la comunidad interna y externa al centro de formación.

11. Recomendaciones

El sistema de acueducto del centro de formación Tecnoparque Agroecológico Yamboró según diagnóstico realizado se compone de las unidades de captación, desarenador, tanque de almacenamiento de agua cruda, planta de tratamiento de agua potable de tipo convencional, tanques de almacenamiento de agua potable y red de distribución, se requiere obras de mejoramiento de captación y construcción de una unidad adicional de desarenador, ya que presentan riesgos de colapso por debilitamiento en la infraestructura y en época de invierno presenta insuficiencia para un buen servicio, además se requiere independizar el manejo de válvulas, ya que éstas son compartidas con el acueducto de la vereda La Paz, generando un constante conflicto por el uso del agua.

Se recomienda establecer por parte del centro de formación mecanismos de comunicación con la comunidad aledaña, ya que se observa que no se están generando estrategias en conjunto para afrontar la problemática del uso ineficiente del agua y escasez de la misma.

La presente investigación brinda herramientas fundamentales para el análisis del consumo de agua en el centro de formación, sin embargo, se recomienda que una vez se incremente la micromedición se estudie el comportamiento de las curvas de consumo de manera más detallada.

La generación de medidas de gestión para el centro de formación y su área de influencia directa implican acciones relacionadas con la protección del ecosistema hídrico, instrumentalización para seguimiento de variables climáticas, inversión en la infraestructura, reconversión de unidades hidrosanitarias, adquisición de tecnología en macro y micromedición para el control de los consumos de agua, inversión en fuentes alternativas de abastecimiento de agua, control de fugas y pérdidas de agua, todo complementado con un fuerte programa de educación ambiental.

Los escenarios de cambio climático deben ser ampliamente divulgados con el fin de que las comunidades conozcan la problemática y posibles soluciones para generar medidas de adaptación al cambio climático y variabilidad climática.

Referencias

- Alvarez Conde, S. S. (2007). *Cambio Climático En América Latina Y El Caribe: Impactos, Vulnerabilidad Y Adaptación*. 23(2000), 23–30. (Consultado septiembre, 2019). Retrieved from <http://www.keneamazon.net/Documents/Publications/Virtual-Library/Equidad-Desarrollo-Social/40.pdf>
- Ammar, D. (2019). *Cambio climático, un escenario de riesgo desde la mirada de las comunidades asentadas en el páramo de letras y el sector el ocho de los municipios de Manizales y Villamaría (Tesis Especialización)*. Universidad Católica, Manizales, Colombia.
- Azaki, J. I., & Rivett, U. (2020). Persuasive Information Campaign to save water in Universities: An option for water-stressed areas? *3rd ACM SIGCAS Conference on Computing and Sustainable Societies, COMPASS '20*, 279–283. <https://doi.org/10.1145/3378393.3402238>
- Bayona-molano, P. A. (2016). *CAR y comunidades indígenas en el ordenamiento ambiental territorial* : 26(2), 121–128.
- Betancourt, L & Rodriguez, W. (2019). Formulación del programa de ahorro y uso eficiente del agua en la Universidad Católica de Manizales. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Blanco, H. A., Lara, M., Williams, D., Velezmoro, A. C., & Aguilar, V. H. (2014). *Consumo De Agua En Actividades Domésticas. Caso De Estudio: Estudiantes De La Asignatura Saneamiento Ambiental De La Ucv Water Consumed By Domestic Activities. Case Study: Students of Environmental Sanitation Course Ucv*. 29(1), 51–56. Retrieved from http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0798-40652014000100007&script=sci_abstract&tlng=en
- Bocarejo, D. (2018). Gobernanza del agua: Pensar desde las fluctuaciones, los enmarañamientos y políticas del día a día. *Revista de Estudios Sociales*, 2018(63), 111–118. <https://doi.org/10.7440/res63.2018.09>
- Bustos, J., Garcia, C., Juarez, M., & Quintero, M. (2018). *Gobernanza de la sustentabilidad hídrica : Especificación de un modelo para el estudio de la reutilización cooperativa Governance of water sustainability : Specification of a model for the study of cooperative reuse*. (May). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20170.67526>
- Corporación Autónoma del Alto Magadlana, Pitalito Alcaldía, Agencia para el Desarrollo Internacional (USAID), & Empresas de Servicios Públicos de Pitalito (EMPITALITO). (2015). *Ruta De Cambio De Pitalito 2030*. 36. (Consultado octubre, 2019). Retrieved from <http://www.alcaldiapitalito.gov.co/publicaciones/Ruta-Cambio-Pitalito.pdf>
- Cambio, D. D. E., Dcc, C., Nagy, G. J., & Bidegain, M. (2018). *Escenarios climáticos futuros sobre Uruguay ministerio de vivienda, ordenamiento territorial y medio ambiente (mvotma) división de cambio climático (dcc)*. (March).
- Carvajal, Y. (2011). Efectos de la Variabilidad Climática (vc) y el Cambio Climático (cc) en

- los Recursos Hídricos de Colombia. *Entre Ciencia e Ingeniería*, (9), 33–61. Retrieved from <http://revistas.ucp.edu.co/index.php/entrecienciaeingenieria/article/view/689/691>
- Carvajal, Y., Jimenez, H., & Materon, H. (1999). Efectos ecologicos del fenomeno ENOS en colombia. *Facultad de Ciencias Biologicas UNMSM, Extraordin*, 152–159. (Consultado mayo, 20209. Retrieved from <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/view/8442/7330>
- Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible. (2019). *Cantidad de Personas en Yamboro*. P.1
- Congreso de la República de Colombia & Ministerio de Ambiente (1997). Ley 0373 de 1997. *Colombia*, 4(January), 61. (Consultado noviembre, 2019). Retrieved from http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1997/ley_0373_1997.pdf
- Comision Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL. (1993). *Cambio Climático y Gestión del Agua en América Latina y el Caribe*. 42. (consultado septiembre,2019). Retrieved from https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/30131/S9330274_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Congreso de Colombia. (1993). Ley 99 De 1993. *Diario Oficial*, (41146), 44. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Congreso de Colombia. (2018). *Ley 1931 de 2018*. 19. Retrieved from <http://www.minambiente.gov.co/index.php/ley-de-cambio-climatico#ley-de-cambio-climático-1931-2018>
- Convención Marco De, A. LA, Manuel Santos Calderón, J., Javier Echeverri Lara, F., Vásquez Marazzani Ministerio de Ambiente Desarrollo Sostenible Ministro de Ambiente Desarrollo Sostenible, C., Gilberto Murillo Viceministro de Ambiente Desarrollo Sostenible, L., Alberto Botero López, C., ... Estupiñán, M. A. (2017). *TERCERA COMUNICACIÓN NACIONAL DE COLOMBIA RESUMEN EJECUTIVO María Ángela Holguín*. (Consultado octubre, 2019). Retrieved from http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023732/RESUMEN_EJECUTIVO_TCNCC_COLOMBIA.pdf
- Corporación Autonoma Regional del Alto Magdalena CAM. (2009). *Guía para la formulación del programa para el uso eficiente y ahorro del agua - PUEAA*. 1–21.
- Corporación Autonoma Regional del Alto Mgadalena, C. (2016). *Concesión de agua superficial Sena - Sede Yamboró*.
- Corrales, A., & Acevedo, Y. (2010). Diseño del Programa de Ahorro y Uso Eficiente del Agua en la Escuela de Cadetes de Policía General Francisco de Paula Santander Bogotá D.C. (Tesis de pregrado). Universidad Manuela Beltrán, Bogotá - Colombia.
- Corte Constitucional de Colombia C-136-16*. (2011). (consultado noviembre, 2019). Retrieved from <http://www.corteconstitucional.gov.co/RELATORIA/2016/C-136-16.htm>
- Comision de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA). (2014). *Documento de trabajo proyecto general - Marco Tarifario para los servicios públicos de Acueducto*

- y Alcantarillado Nivel de pérdidas aceptable Julio de 2014. (Consultado noviembre, 2019). Retrieved from <https://tramitesccu.cra.gov.co/normatividad/admon1202/files/3.Documento de trabajo Perdidas.pdf>
- Diaz, L; Patarroyo, L & Diaz, L. (2017). IMPACTOS AMBIENTALES ASOCIADOS AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS RECURSOS HÍDRICOS DE LA REGIÓN ANDINA COLOMBIANA, DURANTE EL PERIODO 2010 - 2016. *Progress in Physical Geography*, 14(7), 450. <https://doi.org/10.1177/0309133309346882>
- Dominguez, Moreno, R. & S. (2008). *RELACIONES DEMANDA-OFERTA DE AGUA*. (February 2014). (consultado septiembre, 2019). Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Efrain_Dominguez_Calle/publication/228463075_DEMANDA-OFERTA_DE_AGUA_Y_EL_INDICE_DE_ESCASEZ_DE_AGUA_COMO_HERRAMIENTAS_DE_EVALUACION_DEL_RECURSO_HIDRICO_COLOMBIANO/links/00b4952f3daff28cd2000000/DEMANDA-OFERTA-DE-AGUA-Y-
- Domínguez Calle, E. A. (2017). Las contradicciones de la abundancia de agua en Colombia. *Semana Sostenible*. (consultado septiembre, 2019). Retrieved from <http://sostenibilidad.semana.com/opinion/articulo/las-contradicciones-de-la-abundancia-de-agua-en-colombia/38783>
- Empresa de acueducto y alcantarillado de Popayán. (2009). *Manual para la construcción de redes de acueducto y alcantarillado en el municipio de Popayán*. (consultado septiembre, 2019). Retrieved from https://www.academia.edu/30206270/MANUAL_PARA_CONSTRUCCION_DE_REDES_DE_ACUEDUCTO_Y_ALCANTARILLADO
- Fajardo, L., & Meléndez, G. (2019). *La Gobernanza Del Agua Enfocada Al Saneamiento En Zonas Rurales De Colombia* (pp. 1–75). pp. 1–75. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Fernández-Durán, J. J., & Lloret, A. (2016). Consumo de agua y producto interno bruto en la cuenca Lerma-Chapala. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 7(4), 129–138. (consultado septiembre de 2019). Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v7n4/2007-2422-tca-7-04-00129.pdf>
- Fernandez, N. J., & Solano, F. (2005). Capítulo III: índices de calidad (ICAs) y de contaminación (ICOs) del agua de importancia mundial. *Índices De Calidad Y De Contaminación Del Agua*. (Consultado septiembre, 2019). Retrieved from http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portalIG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo3.pdf
- Galindo Montero, A., Pérez Montiel, J., & Rojano Alvarado, R. (2017). Medidas de adaptación al cambio climático en una comunidad indígena del norte de Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 20(1), 187–197. <https://doi.org/10.31910/rudca.v20.n1.2017.75>
- Gao, C., Liu, L., Ma, D., He, K., & Xu, Y. P. (2019). Assessing responses of hydrological processes to climate change over the southeastern Tibetan Plateau based on resampling

- of future climate scenarios. *Science of the Total Environment*, 664, 737–752.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.013>
- García-González, M. L., Carvajal-Escobar, Y., & Jiménez-Escobar, H. (2007). Integrated water resource management as a strategy for adaptation to climate change. *Ingeniería y Competitividad*, 29(1), 19–29. (Consultado marzo, 2020). Retrieved from http://revistas.univalle.edu.co/index.php/ingenieria_y_competitividad/article/view/2492/3242
- García, M., Botero, P., Quiroga, B., Andrés, F., & Robles, A. (2012). *Variabilidad climática, cambio climático y el recurso hídrico en Colombia*. 36, 60–64.
- Garzón, A. J. (2014). *Evaluación patrones de consumo y caudales máximos instantáneos de usuarios residenciales de la ciudad de Bogotá*. 41–45. (Consultado, septiembre, 2019). Retrieved from <http://www.bdigital.unal.edu.co/46260/>
- Gobernacion del Huila, CAM, USAID, & FCMC. (2014). *Plan de cambio climático Huila 2050: Preparándose para el cambio climático*. 153.
- González, N. (2017). Desafíos de la gobernanza ambiental: una aproximación a las implicaciones de la Gestión Integrada del Recurso Hídrico en Colombia. *Ciencia Política*, 12(23), 205–229. <https://doi.org/10.15446/cp.v12n23.62595>
- Granada, L. (2011). *Estimación del consumo básico de agua potable en Colombia*. 11(2), 10–14. <https://doi.org/10.16194/j.cnki.31-1059/g4.2011.07.016>
- Guerrero, Manco, & Morales. (2017). Estimación de la demanda de agua en centros educativos: Caso de estudio facultad de ciencias ambientales de la universidad tecnológica de Pereira, Colombia. *Revista Luna Azul*, 44(44), 153–164. <https://doi.org/10.17151/luaz.2017.44.9>
- Gutierrez, M. (2018). *Modelo de gobernanza y gestión del agua en la cuenca del río Cuja (Tesis de pregrado)*. <https://doi.org/10.20961/ge.v4i1.19180>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, PNUD, M. de R. E. (2015). *Nuevos escenarios de cambio climático para Colombia 2011 - 2020. Tercera comunicacion nacional cambio climático*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2004). Guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 1–83. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2015). Nuevos escenarios para el Cambio Climático para Colombia 2011-2100. In *Ideam* (Vol. 13). <https://doi.org/10.1186/1471-2156-13-58>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2018). Reporte de avance estudio nacional del agua 2018. *Cartilla ENA 2018*, 56. (Consultado noviembre, 2019). Retrieved from <http://www.ideam.gov.co/documents/24277/76321271/Cartilla+ENA+2018+WEB+actualizada.pdf/ba353c39-b15d-4a76-8ed4-3814c4c35239>

- Magaña, V., (Mendez, B., Caetano, E., Mendez, J., Perez, E., & ... Lemus, R. (2009). Escenarios de cambio climático para México. *Adaptacion a Los Impactos Del Cambio Climático En Los Humedales Costeros Del Golfo de México*, 571. (Consultado mayo, 2020). Retrieved from http://awsassets.panda.org/downloads/humedales_vol_2.pdf
- Manco Silva, D., Guerrero Erazo, J., & Ocampo Cruz, A. (2012). Eficiencia en el consumo de agua de uso residencial. *Revista de Ingenierías: Universidad de Medellín*, 11(21), 23–38. Retrieved from [file:///C:/Users/PC/Downloads/document \(5\).pdf](file:///C:/Users/PC/Downloads/document%20(5).pdf)
- Martínez, N. (2017). Informe sectorial: Agua potable y Saneamiento básico. *Findeter*, 13.
- Megdal, S. B., Eden, S., & Shamir, E. (2017). Water governance, stakeholder engagement, and sustainable water resources management. *Water (Switzerland)*, 9(3), 1–7. <https://doi.org/10.3390/w9030190>
- Méndez Vergara, E. (2000). Ordenamiento territorial-ambiental: desarrollo responsable y sostenible. *Revista Geográfica Venezolana*, 41(2), 281–301.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). *Resolución 1354* (p. 60). p. 60. Retrieved from [http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/65-resolucion 1257 de 2018.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/65-resolucion%201257%20de%202018.pdf)
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial. (2010). *Política Nacional de Gestión del Recurso Hídrico*. Retrieved from <https://www.minambiente.gov.co/index.php/gestion-integral-del-recurso-hidrico/direccion-integral-de-recurso-hidrico/politica-nacional-para-la-gestion-integral-del-recurso-hidrico>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). *7B-Decreto 1090 De 2018.Pdf*.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS. (2017). *Política nacional de cambio climático*. (consultado marzo, 2020). Retrieved from http://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/Poli_CC_A2_B16_C6_WEB_Resumen_de_la_PNCC_dirigido_a_tomadores_de_decision.pdf
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2010a). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable Título C. Sistemas de potabilización*. (Consultado setiembre, 2019). Retrieved from [http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/Titulo C - Dic 4 2013.pdf](http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/Titulo%20C%20-%20Dic%204%202013.pdf)
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2010b). Título B. Sistemas de Acueducto. In *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico*. Retrieved from [http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULO B 030714.pdf](http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULO%20B%20030714.pdf)
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). *Resolucion 330 de 2017*. 1–71.
- Montealegre, E. (2007). *Actividades desarrolladas en el marco del contrato de prestación de servicios No IDEAM 063-2007 INFORME FINAL*.
- Moshir Panahi, D., Kalantari, Z., Ghajarnia, N., Seifollahi-Aghmiuni, S., & Destouni, G. (2020). Variability and change in the hydro-climate and water resources of Iran over a recent 30-year period. *Scientific Reports*, 10(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64089-y>

- Musseta, P. (2009). Participación y gobernanza. El modelo de gobierno del agua en México. *Espacios Públicos*, 12(25), 66–84.
- Musseta, P., Barrientos, M. J., Acevedo, E., Turbay, S., & Ocampo, O. (2017). Vulnerabilidad al cambio climático: Dificultades en el uso de indicadores en dos cuencas de Colombia y Argentina. *Empiria*, (36), 119–147. <https://doi.org/10.5944/empiria.36.2017.17862>
- Naciones Unidas. (2018). Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Una oportunidad para América Latina y El Caribe. In “*Patrimonio*”: *Economía Cultural Y Educación Para La Paz (Mec-Edupaz)* (Vol. 1).
- Nikolaeva, S., Sarabia, A., & Moraga, G. (2016). *Análisis de patrones de consumo del agua y parámetros climáticos del distrito Liberia, Costa Rica*. p. 175.
- Peña, M. (2017). *Principios, criterios y recomendaciones jurídicas para el establecimiento de regímenes de caudales ambientales en Centroamérica*. (Consultado octubre, 2019). Retrieved from https://es.unesco.org/system/files/principios_criterios_y_lineamientos_para_centroamerica.pdf
- Perez, S., & Pineda, M. (2019). *Diagnóstico del Estado Actual de Abastecimiento de Agua Potable en las Zonas Rurales de Colombia*.
- Pineda, R. (2018). LA CUESTIÓN TERRITORIAL, LA PLANIFICACIÓN Y LAS POLÍTICAS PÚBLICAS EN EL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD Y LA RESILIENCIA SOCIO-AMBIENTAL. EL CASO DE LA EXTRACCIÓN DE MATERIAL DE ARRASTRE EN LA CUENCA DEL RÍO CHINCHINÁ, COLOMBIA (Tesis Doctoral). *Tesis Doctoral*. Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- Posada, C. (2007). *La adaptación del cambio climático en Colombia*. (Consultado septiembre, 2019). Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/1210/121015050010.pdf>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2019). Objetivos de Desarrollo Sostenible | PNUD. Retrieved April 23, 2019, (Consultado septiembre, 2019). from <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>
- Rentería, D. M. (2020). *Modelación de los impactos de los escenarios de cambio climático en la cuenca del río Pamplonita en Norte de Santander*. (1), 1–12.
- Restrepo, L; Peña, C & Martínez, M. (2019). Climate change in the city of medellin – colombia, throughout fifty years (1960-2010). *DYNA (Colombia)*, 86(209), 312–318. <https://doi.org/10.15446/dyna.v86n209.69531>
- Retamal, M., Rojasii, J., & Parrai, O. (2011). Percepción al cambio climático y a la gestión del agua: Aportes de las estrategias metodológicas cualitativas para su comprensión. *Ambiente e Sociedade*, Vol. 14, pp. 175–194. Retrieved from http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414-753X2011000100010&script=sci_arttext
- Rodríguez, Z. (2012). Gobernabilidad Sobre El Recurso Hídrico En Colombia Entre Avances

- Y Retos. *Gestión y Ambiente*, 15(3), 99–112.
- Rogers, P. (2015). *Gobernanza Del Agua En America Latina y el Caribe*. (Consultado mayo, 2020). Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/265221834>. 1-95.
- Ruiz, blanca E. (2013). Implementación de protocolos de Operación en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales domesticas del Municipio de Timaná en el Departamento del Huila. *Universidad De Manizales*, 1, 1–71.
- Santana, Tovar, J. F. B., & Sotomayor, C. A. C. (2015). *Rango de Consumo - Básico Documento de Trabajo*. 66. (Consultado octubre, 2020). Retrieved from http://www.cra.gov.co/documents/Documento_de_Trabajo_y_Participacion_Ciudadana_750.pdf
- Sedano Cruz, K., & Carvajal Escobar, Y. (2013). Variabilidad climática, cambio climático y gestión integrada del riesgo de inundaciones en Colombia. *Revista Semillas*, (Cc), 47–53. (consultado noviembre, 2019). Retrieved from <http://www.semillas.org.co/sitio.shtml?apc=e1a1--&x=20157819>
- Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). (2012). *Plan de Ordenamiento y Manejo de la Microcuenca El Maco - Quebrada Seca*. 1–213.
- Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). (2019). *MANUAL OPERACIÓN PTAP 2019*. 1-42.
- Trujillo, C. (2019). CRITERIOS DE DESEMPEÑO PARA LA EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL EN INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN Caso de estudio campus Tecnoparque Agroecológico Yamboró, Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano SENA Pitalito-Huila (Tesis de Maestría). *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Trujillo, C., & Sarmiento, J. (2012). *Estrategias de uso eficiente y ahorro de agua en centros educativos, caso de estudio, edificio facultad de ciencias ambientales – universidad tecnológica de pereira*. 1–100.
- Universidad de Jaen. (2014). Agua y territorio. *Dossier. Megaproyectos Hídricos y Relaciones Socio-Ecológicas: Gobernanza y Resistencias*, (4), 134–135. <https://doi.org/10.17561/at.v0i7.29>
- Woodhouse, P., & Muller, M. (2017). Water Governance—An Historical Perspective on Current Debates. *World Development*, 92, 225–241. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.11.014>
- Zhang, X., Xiao, W., Wang, Y., Wang, Y., Wang, H., Wang, Y., ... Yang, R. (2020). Spatial-temporal changes in NPP and its relationship with climate factors based on sensitivity analysis in the Shiyang River Basin. *Journal of Earth System Science*, Vol. 129, pp. 1–13. <https://doi.org/10.1007/s12040-019-1267-6>

Anexos

Anexo 1. Datos IDEAM Estación Sevilla

Anexo A. Temperaturas medias mensuales 1972 – 2016 (°C)

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1972	19,7	20,4	20,3	19,8	20,4	19,5	19,3	19,8	20	20	20,6	20,6
1973	21	21,8	20,9	20,8	20,4	19,8	19,5	19,6	19,5	20,1	20,3	19,5
1974	19,5	19,6	20,2	20	19,7	19,3	18,6	18,9	18,8	19,7	19,7	19,9
1975	19,7	20,1	19,8	20	19,8	19,3	18,5	18,6	19,2	19,5	19,6	19,7
1976	20,3	20,3	20,8	20,3	20,3	19,3	18,8	19,2	19,5	20,2	20,3	20,5
1977	21,3	20,2	20,1	19,5	19,4	18,9	19	19,1	19,1	19,5	20,3	20,1
1978	20,1	20,3	21,1	19,7	19,7	18,7	18,6	18	19,2	19,7	19,9	20
1979	20,8	20,9	20,2	19,8	20,1	19,4	19,1	19,7	19,9	20,4	20,5	20,3
1980	20,4	20,5	20,7	20,1	20,4	19,6	19,1	19,4	20,4	20,3	20,8	20,9
1981	21,2	20,8	21,8	20,9	21	20,6	18,7	19,9	19,2	20,6	21,3	21,4
1982	20,7	22,3	22,2	21	21,2	19,5	19,7	19,3	20,6	21	21,3	21,4
1983	21,2	21,3	22,4	22	21,5	20,8	20,1	19,7	19,9	20,2	20,1	20,4
1984	20,1	19,8	21	20,1	19,9	19,2	18,5	19,4	19,1	19,6	19,5	19,9
1985	20,1	19,6	21	20,7	19,7	18,6	18,4	18,8	19,5	20,5	20,2	21,1
1986	21,2	19,6	19,5	20,4	20,5	19,2	18,7	19,5	19,2	20	20,8	20,8
1987	21,1	20,3	21,1	20,8	20,9	20	19,9	19,8	20,2	21,4	21,1	21,9
1988	21,8	21,1	22,2	20,5	20,5	19,5	18,8	20,1	19,9	20,1	20,8	20
1989	19,8	20,8	20,1	20,3	19,6	19,6	19,2	19,8	20,2	20,2	20,6	21,1
1990	21,3	21,2	20,4	20,8	20,5	20,4	19,4	19,5	20,9	21,3	20,7	20,9
1991	21,5	22	22,3	20,6	20,6	20,6	19	18,8	19,8	20,4	20,7	20,9
1992	21,4	22,5	20,8	21,4	20,9	19,2	18,7	19,6	19,8	20,8	20,9	20
1993	20,8	20,6	19,5	20	20,4	19,4	19,2	19,1	20,1	20,2	20,3	21
1994	20,6	20,5	20,1	20	20,3	20	19,1	18,8	20,2	20,6	20,4	21
1995	21,1	21,9	20,6	20,3	20,5	20,1	20,3	19,8	20,7	20,5	21,1	21,4
1996	20,8	20	19,8	20,1	20,3	19,3	19,1	19,2	19,7	20,4	20,8	20,3
1997	20,2	20,9	20,8	20,5	19,9	20,3	18,9	19,3	20,8	21,6	20,8	22
1998	22,2	22,5	20,2	21,4	21	19,9	18,6	19,7	19,8	20,3	20,6	20
1999	20	19,5	19,8	19,5	19,7	19,5	19	19,1	20,2	19,7	20,4	20,2
2000	19,7	20,5	20,6	20,3	19,5	20,3	19,7	19,3	20,1	20,1	20,5	20,4
2001	20,5	20,1	20,1	20,3	20,3	19,3	19,5	19	20	20,9	20,8	20,7
2002	21	21,4	20,6	20,6	20,3	19,3	19,3	19,5	19,9	20,4	19,9	21,3
2003	21,3	21,2	20,6	21	20,4	20,5	19,1	20,1	20,4	20,9	21,2	20,7
2004	21,6	22,5	21,9	21	21,2	19,6	19,8	19,2	20,4	21,4	21,1	21,3
2005	21,5	21,6	21,4	20,7	20,5	19,9	19,6	20,1	20,2	18,7	19,5	20,3
2006	20,94	21,8	20,5	20,9	20,8	20,3	20,2	19,6	20,8	20,9	20,6	21,2
2007	21,9	21,7	20,6	20,6	21	19,7	20,4	19,6	19,8	19,8	20	20,8

2008	21,5	21	20,8	21,3	20,2	20,2	19,5	20,1	20	20,4	20,6	20,5
2009	20,6	21,3	20,6	20,4	21	20,4	20	19,9	20,5	20,7	21,3	21,6
2010	21,9	22,3	21,3	21,6	21,2	20	19,9	19,8	20,2	20,3	20,4	19,7
2011	20,9	20,8	20,5	20,4	20,5	20	19,7	20,3	19,9	20,4	20,8	20,8
2012	20,7	20,6	20,3	20,5	20	19,9	19,7	19,3	20,1	20,6	20,7	20,5
2013	21,4	21,1	20,7	20,9	20,6	20,1	19,2	19,9	20,1	20,8	20,7	20,6
2014	21	21,2	21,1	20,7	21,1	20,2	19,6	19,2	20,4	20,3	21	20,5
2015	20,6	21,2	20,9	20,6	20,6	19,7	20	20	21	21,3	21,3	21,4
2016	23,3	21,9	21,7	21,4	21,3	20,3	19,7	19,9	20,3	21,4	21	20,5

Fuente: Estación Sevilla IDEAM

Anexo B. Precipitaciones totales mensuales 1972 – 2016 (mm)

Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1972	75,7	47,6	105,3	127,6	183,1	166,3	168,5	93,8	50,8	95,5	129,6	44,1
1973	71,9	30,8	53,6	83,4	123,2	109	136,4	133,1	128,8	33,8	72,6	115,5
1974	73,2	140,9	106,4	146,8	96,8	196	142	97,1	70,1	98,7	196,9	64,8
1975	35,6	119,6	78,6	92,7	89	163	96,3	131,2	137	113,8	92,7	99,1
1976	59,9	82,1	122,5	132,8	199,7	202,5	218,4	156,9	115,7	146,2	99	86,2
1977	3,5	56,9	86,8	131,4	146,2	130,8	124,4	95,6	182,8	79,9	67	24,9
1978	40,8	39,6	136,8	170,6	142	132,5	128,6	80,6	99,9	115,3	66,9	36,9
1979	41,2	13	152	190,7	170,7	80,1	156,5	64,6	85	81,7	3	234
1980	36,2	40,4	105,8	136,4	115,5	172,2	158,5	105,9	73,5	100	69,5	51,4
1981	76,9	47,1	138,3	167,6	211,4	85,8	127,5	127,5	87,8	61	87,8	78
1982	161	52,2	94,9	158,3	128,8	129,1	180,3	128,7	84	81,1	51,3	133,1
1983	80,3	170,4	141,6	219	178,7	93,1	117,5	65	66	108,9	90,2	107,2
1984	142,6	104,2	66,5	100,6	113,2	157,9	98,9	93,5	133,9	127	126,5	82,6
1985	65,2	44,5	47,7	115,2	164,8	137,8	121,6	187,6	42,1	96,6	137,7	79,1
1986	30,1	102,9	82,2	132,3	99,9	99,9	127	150,7	56,7	132,4	140,6	63,7
1987	56,6	67,8	74,2	198,9	165,3	98,7	198,1	160,4	37,9	165,5	57,1	80,5
1988	55,3	85,4	37,8	70,6	124,3	184,5	107,5	77,9	115,7	70,1	106,6	45,1
1989	97,5	42,3	207,2	123,6	139	207	128,8	103,1	92,1	64,6	64,6	90
1990	53,6	100,7	108,6	105,1	136,1	117,1	128,6	118,1	71,6	129,5	51,2	103,6
1991	25,5	29,3	111	116,2	124,8	167,8	108,6	181	181	45	48,7	118,9
1992	24,9	62,2	69,4	182,6	94,1	72,1	125,1	106	51,6	42,5	140,7	53,4
1993	45,6	116,3	146	72	124,1	145,4	159,5	104,7	64	198,7	108,1	118,7
1994	84,1	75	79,3	170	177,5	163,9	120,2	138,3	93,5	102,5	93,5	46,9
1995	51,5	99,5	90,6	199,7	143,8	153,8	108	47,9	70,5	93,5	86,1	68,1
1996	63,5	165,7	70,1	108	138,1	102,3	113,7	59,6	89,5	102,9	59,1	76,8
1997	98,3	86,4	104,4	95,8	154,8	79,4	109,4	107,1	47	39,5	61,6	23,9
1998	9,9	55,5	112,7	78	93,1	179	133,1	99,6	98,1	76,3	180,3	86,4
1999	100,7	144	97,6	195,7	114,6	111,2	123,4	85,7	74,9	105,3	116,5	147,3

2000	76	90	124,3	131,7	245,1	114,9	82,6	150,1	47,6	87,4	86,8	74,1
2001	46,3	85,5	118,2	148,5	98,6	116,2	105,3	66,3	84,5	69,9	90	131,3
2002	53,2	35,2	164,2	136,1	206,1	131,2	165,9	122,8	79,6	97,7	78,8	54,1
2003	21,9	79,8	134,1	131	101,3	66,4	101,6	49,1	53	141,1	58,1	93
2004	34,9	47,6	53,9	150,1	161,8	168,4	149,5	103	81,2	98,3	126,4	69,1
2005	16,2	142,3	98,1	201,4	143,5	131,7	115,3	65,8	95,9	106,9	86,1	119,3
2006	76,6	44,2	206,8	131,2	75,7	192,9	115,1	97,6	82,3	118,8	97,4	78
2007	28	35,5	119,6	114,3	182,5	205,7	56,1	123,5	80	133,8	92,3	121,8
2008	77,5	89,4	60,9	116,5	98	132,4	121,9	62,5	82,8	96,9	115,6	136
2009	86,3	118	127,5	85,9	49,13	100,7	137,8	90,7	65	69,9	57,5	
2010	12,4	98,1	130,8	120,4	167,7	129,7	95,8	44,2	60,2	96,1	98,7	111,6
2011	59,9	131,9	100,1	178,2	205,3	109,5	136,2	38,3	99,5	77	94,2	156,8
2012	82,64	106,1	172,3	96,2	78	119,8	97	99,8	93,5	132,3	62,3	75,9
2013	20,8	167	79,7	88,7	177,6	104	154,5	97,8	76,6	54,6	125,8	100,2
2014	70,3	39,2	113,3	151,2	120,3	161,8	114,8	132,4	72,3	86	93,3	139,3
2015	58,9	104,1	96,8	118,9	92,3	176,1	148,8	43,3	32,2	25,7	62,9	12,2
2016	38,5	104,9	35	148,4	131,4	120,8	189,2	64,6	151,5	35	96,9	81,4

Fuente: Estación Sevilla IDEAM