Evaluación de la incidencia del fenómeno del niño en los caudales de la quebrada Buturama del municipio de Aguachica, Cesar

Daniela Alexandra Arango Garcia

Universidad de Pamplona

Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Programa de Ingeniería Ambiental

Pamplona

2024

Evaluación de la incidencia del fenómeno del niño en los caudales de la quebrada Buturama del municipio de Aguachica, Cesar

Daniela Alexandra Arango García

1007571696

DIRECTOR

Lic. PhD María Esther Rivera

CODIRECTOR

Geólogo MSc. Jesús Ramon Delgado Rodríguez

Universidad de Pamplona

Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Ingeniería Ambiental

Pamplona

2024

Dedicatoria

A Dios por brindarme la fuerza, conocimiento y resiliencia en el desarrollo de este proyecto, fruto de los conocimientos adquiridos, a mis padres por su esfuerzo constante, por sus ojos cansados y manos lastimadas para la construcción de mis metas anheladas, por ser mis cimientos y pilares en todo momento, convirtiendo cada una de las palabras plasmadas en este proyecto un atributo a su amor y sacrificio. A mis hermanos por su apoyo incondicional, por agarrar mis manos para guiarme e ir adelante abriendo caminos e iluminándolos.

Agradecimientos

Gratitud a Dios y mi familia por ser la principal fuente de apoyo e inspiración, a mis amigas y futuras colegas Zara Alexandra Torres, Darly Carvajal y Angelica Medina que hicieron de este trayecto un camino lleno de risas, lagrimas, aventuras y recuerdos, donde siempre existía una palabra de aliento e impulso para continuar, a mi querida Nayely Reyes por su amor incondicional, por ser un lucero para mí.

Asimismo, agradecer a los profesores que fueron parte de esta formación, por transmitir sus conocimientos, en especial a mis directores de trabajo de grado María Esther Rivera y Jesús Ramon Delgado Rodríguez quienes fueron fundamentales en este logro, por siempre tener las palabras adecuadas y la confianza en mí, por impulsarme y animarme, a la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica por permitirme ser parte de su equipo, a mi director de pasantía el Ingeniero Pablo Alberto Herrera, quien transmitió sus conocimientos de la mejor manera y me acogió con la mejor de las actitudes.

Finalmente, expresar el agradecimiento genuino a todas las personas mencionadas y a los no mencionados que contribuyeron a mi crecimiento e hicieron parte de esta etapa.

Contenido

Dedicatoria 3

Agradecimientos 4

Resumen 10

Capítulo I 11

Introducción 11

Planteamiento del problema 12

Justificación 13

Objetivos 14

Objetivo general 14

Objetivos específicos 14

Capitulo II 15

Marco referencial 15

Marco contextual 15

Antecedentes 16

Marco teórico 20

Marco legal 28

Capítulo III 31

Metodología 31

Etapa 1. Diagnóstico de los factores que inciden en el comportamiento del recurso hídrico de la zona de estudio. 32

Etapa 2. Determinación de los parámetros físicos y morfométricos de la cuenca en estudio 33

Etapa 3. Análisis de las variables hidrometeorológicas (Caudal, precipitación, temperatura) 34

Etapa 4. Formulación o planteamiento de soluciones para la mejora del plan de contingencia de la zona en estudio. 35

Capítulo IV 36

Resultados y Discusión 36

Diagnóstico de los factores que inciden en el comportamiento del recurso hídrico de la zona de estudio. 36

Determinación de los parámetros físicos y morfométricos de la cuenca en estudio. 45

Análisis de las variables hidrometeorológicas (Caudal, precipitación, temperatura) 49

Formulación o planteamiento de soluciones para la mejora del plan de contingencia de la zona en estudio. 72

Conclusiones 75

Referencias 77

Anexos 85

Figuras

Figura 1 Localización del área de estudio 16
Figura 2 Diagrama de la metodología de la pasantía..... 31
Figura 3 Agitadora..... 33
Figura 4 Peso electrónico. 33
Figura 5 Precipitación mensual de los diez años en estudio. 37
Figura 6 Precipitación anual desde 2014 hasta 2023..... 37
Figura 7 Temperatura media mensual 38
Figura 8 Climograma..... 38
Figura 9 Caudales mensuales de entrada a la planta de agua potable 39
Figura 10 comportamiento de los caudales calculados 40
Figura 11 Geología de la quebrada Buturama. 41
Figura 12 Litología de la quebrada Buturama. 42
Figura 13 Curva granulométrica..... 43
Figura 14 Muestras de suelo. 43
Figura 15 Mapa de coberturas 44
Figura 16 Curva hipsométrica de la cuenca de la quebrada Buturama. 48
Figura 17 Curva hipsométrica 48
Figura 18 Perfil longitudinal..... 48
Figura 19 Mapa de pendientes de la cuenca de la quebrada Buturama alta. 49
Figura 20 Q-Q Plot de datos mensuales de precipitación. 50
Figura 21 Q-Q Plot de datos mensuales de caudales..... 51
Figura 22 Q-Q Plot de datos medios de temperatura..... 51
Figura 23 Serie temporal de caudales..... 52
Figura 24 Serie temporal de la precipitación. 53
Figura 25 Serie temporal de temperatura 53
Figura 26 Autocorrelogramas del caudal con los índices ONI y MEIv2 55
Figura 27 Modelo Holt-Winters con los datos de temperatura trimensual..... 56
Figura 28 Modelo Holt-Winters con los datos de precipitación trimensual..... 56
Figura 29 Modelo Holt-Winters con los datos de caudales trimensual..... 57
Figura 30 Pronóstico de valores futuros de temperatura. 58

Figura 31 Pronóstico de valores futuros de precipitación. 58
Figura 32 Pronóstico de valores futuros de caudales. 59
Figura 33 Correlaciones cruzadas entre caudal y los índices MEI y ONI..... 61
Figura 34 Comportamiento de las variables de anomalías de temperatura (TM) y precipitación (Pp) con las fases del ONI 62
Figura 35 Comportamiento de las variables de anomalías temperatura (TM) y caudal (Q) con las fases del ONI 63
Figura 36 Comportamiento de las variables de anomalías temperatura (TM) y precipitación (Pp) con las fases del MEIv2 64
Figura 37 Comportamiento de las variables de anomalías temperatura (TM) y caudal (Q) con las fases del MEIv2 64
Figura 38 Curva de duración de caudales..... 65
Figura 39 Serie temporal del Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) 66
Figura 40 Serie temporal del Índice de Sequía en Caudales (SDI) 67
Figura 41 Diagrama Ombrotérmico de la cuenca de la quebrada Buturama, Aguachica, Cesar 68
Figura 42 ¿en qué meses considera que se ve más afectado por la sequía? 69
Figura 43 ¿En qué considera que se ve más afectado por la sequía? 69
Figura 44 Demanda sectorial..... 70
Figura 45 Oferta e índice de escasez 71
Figura 46 Captación de aguas pluviales .....**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 47 Educación ambiental .....**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 48 Estaciones de monitoreo .....**¡Error! Marcador no definido.**

Tablas

Tabla 1 Fuerza de correlación 23
Tabla 2 Característica de la cuenca según el coeficiente de compacidad. 25
Tabla 3 Característica de la cuenca según el índice de alargamiento 26
Tabla 4 Clasificación de las cuencas según la pendiente. 26
Tabla 5 Ecuaciones de parámetros físicos y morfométricos. 27
Tabla 6 Marco normativo de referencia 28
Tabla 7 Parámetros físicos y morfométricos de la cuenca de la quebrada Buturama. 45
Tabla 8 Prueba de estacionaridad Phillips-Perron. 54
Tabla 9 Prueba de estacionariedad bimensuales 54
Tabla 10 Prueba de estacionariedad trimensuales 55
Tabla 11 Correlaciones con el ONI 60
Tabla 12 Correlaciones con el MEI v2 60
Tabla 13 Correlaciones cruzadas 61
Tabla 14 Clasificación del clima según la aridez 68

Anexos

Anexos 1 Número de curva 85
Anexos 2 Cobertura 86
Anexos 3 Autocorrelaciones 87
Anexos 4 correlaciones cruzadas 88
Anexos 5 Encuesta 89
Anexos 6 Captación del sistema de acueducto del municipio de Aguachica 94

Resumen

El fenómeno del niño es uno de los causantes de desabastecimiento hídrico y producción agrícola en la región por las altas temperaturas y disminución de caudales en diferentes épocas y regiones de Colombia y en el mundo. En el presente proyecto se buscó evaluar la incidencia de dicho fenómeno en la quebrada Buturama parte alta, la cual abastece el acueducto del municipio de Aguachica del departamento del Cesar. Para ello, se recopiló información geológica, meteorológica e hidrológica de la cuenca, permitiendo conocer características para la compresión de su comportamiento, se analizó mediante procedimientos estadísticos la afectación y relación presente de El Índice del Niño Oceánico (ONI) y el Índice ENSO Multivariado Versión 2 (MEI V2) en los caudales, temperatura y precipitación, donde se determinó las afectaciones de la variabilidad climática en sus dos fases, siendo la fase cálida la temporada con mayor afectación en el abastecimiento por su incidencia en el caudal, generando la disminución de este de manera considerable y la fase fría, donde la presencia de lluvias excesivas generan crecidas con una turbidez alta afectando de igual forma su captación, también se determinó la oferta y demanda generada en la zona de estudio, determinando un índice de escasez crítico, viéndose afectada las áreas de aguas abajo, finalmente se logró concluir que es una cuenca que cubre una demanda alta en comparación al recurso hídrico generado y ofrecido, planteando soluciones al desabastecimiento de la población rural, la cual se ve afectada en ambas fases de los índice macro climáticos.

Palabras clave: caudales, desabastecimiento, escasez, índices, variabilidad

Capítulo I

Introducción

Esta evaluación se realiza en la cuenca de la quebrada Buturama alta, con el fin de obtener información de las afectaciones en la cuenca abastecedora de la segunda ciudad del Cesar tras la presentación del fenómeno natural El niño, permitiendo actualizar información de la zona en estudio.

El clima presenta fluctuaciones con distintos periodos de tiempo, viendo así un cambio en las variables meteorológicas y climatológicas. Donde en el análisis de estas secuencias históricas se puede observar anomalías, evidenciando la variabilidad climática en escalas intraestacionales, interanual e interdecadal, respectivamente. (IDEAM & UNAL,2024)

Se ha implementado una metodología cualitativa y cuantitativa, en la que se tuvo presente a la comunidad por medio de encuestas, al igual que el uso de bases de datos nacionales e internacionales y la implementación de software de sistemas de información geográfica para la obtención de datos sobre la morfometría de la cuenca de la quebrada Buturama, analizando variables como la temperatura, precipitación y caudal, realizando así, correlaciones entre estas que permitieron comprender las incidencias que se venían presentando a lo largo de los ciclos del fenómeno del niño en los últimos 10 años.

No existen fenómenos naturales El niño y La niña iguales, debido a que los efectos varían según la duración, intensidad y la época del año en el que se presentan, obteniendo así impactos diferentes. (world meteorological organization , 2024).

En los años 2014 – 2016 se logró evidenciar un impacto considerable sobre los sectores ambiental, ecológico, productivo, abastecimiento y socio cultural debido a la presencia del fenómeno del niño a un nivel fuerte, desde entonces, en los años 2018 – 2019 el ciclo el fenómeno del niño tuvo menor impacto, considerándose en un nivel débil, siendo en el 2023-2024 los años donde nuevamente el país atraviesa por un nivel fuerte.

Planteamiento del problema

El municipio de Aguachica del departamento del Cesar hace parte de los más afectados con la variabilidad climática dado que se viene presentando el fenómeno del niño y las afectaciones antropogénicas, provocando alteraciones en los ecosistemas terrestres y acuáticos. Estas alteraciones, a su vez, han afectado de manera directa las necesidades de la población, incidiendo en el comportamiento espacio-temporal del caudal en la cuenca de la quebrada Buturama, abastecedora del municipio, por consiguiente, la empresa de servicios públicos de Aguachica (E.S.P.A.) se ve en la obligación de extender el racionamiento del agua por un período más prolongado, reduciendo el abastecimiento del preciado recurso hasta casi 15 días o más según el impacto generado.

Como bien se sabe, a través de los años la variabilidad climática es más recurrente en cada región, en el transcurso de los años 2014 y 2016 el municipio tuvo un impacto significativamente negativo por el fenómeno del niño afectando la vegetación y el ecosistema aledaño a la cuenca abastecedora, llegándose a generar calamidad pública debido al desabastecimiento del agua según lo indicado por la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres.

A partir de lo anterior, se plantean la siguiente pregunta:

- ¿Será posible determinar la incidencia del fenómeno del niño en el comportamiento de los caudales de la quebrada Buturama del municipio de Aguachica, Cesar?

Justificación

Aguachica, Cesar se encuentra ubicada en la región Caribe, una de las más afectadas por la variabilidad climática, en especial el fenómeno del niño, que ha causado el aumento de incendios forestales, aumento de temperaturas, sequias extremas, perjudicando no solamente a la población con el suministro de agua sino también con el desarrollo económico de la agricultura, ganadería y pesca.

Es de gran relevancia evaluar esta la fuente de recurso hídrico para los pobladores de la zona de estudio, debido a que dependen de ella para su abastecimiento.

Esta investigación busca llenar vacíos de información, determinando las características y los cambios ocurridos durante los eventos del fenómeno del niño en la cuenca de la quebrada Buturama, siendo posible así, el reconocimiento de los riesgos e impactos presentados.

Enfocándose en los tiempos de sequía para generar ideas que lleven a la mejor gestión del recurso, permitiendo suplir las necesidades de la población, aun en condiciones anormales de precipitación. Este enfoque es debido al gran impacto que se ha presentado en el caudal abastecedor por la ausencia de precipitaciones, encauzando así, este estudio en demás variables influyentes tales como la temperatura y precipitación.

Este estudio permitirá mejorar la toma de decisiones de empresas del municipio de Aguachica, como: la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica (ESPA), alcaldía municipal y entidades ambientales para el desarrollo de acciones concretas como normas, actividades y planes preventivos en pro de la comunidad.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar la incidencia del fenómeno del niño en los caudales de la quebrada Buturama del municipio de Aguachica, Cesar

Objetivos específicos

- Diagnosticar los factores que inciden en el comportamiento del recurso hídrico de la zona de estudio.
- Determinar los parámetros físicos y morfométricos de la cuenca en estudio.
- Analizar las variables hidrometeorológicas (Caudal, evaporación, precipitación, temperatura)
- Formular o plantear soluciones para la mejora del plan de contingencia de la zona en estudio.

Capitulo II

Marco referencial

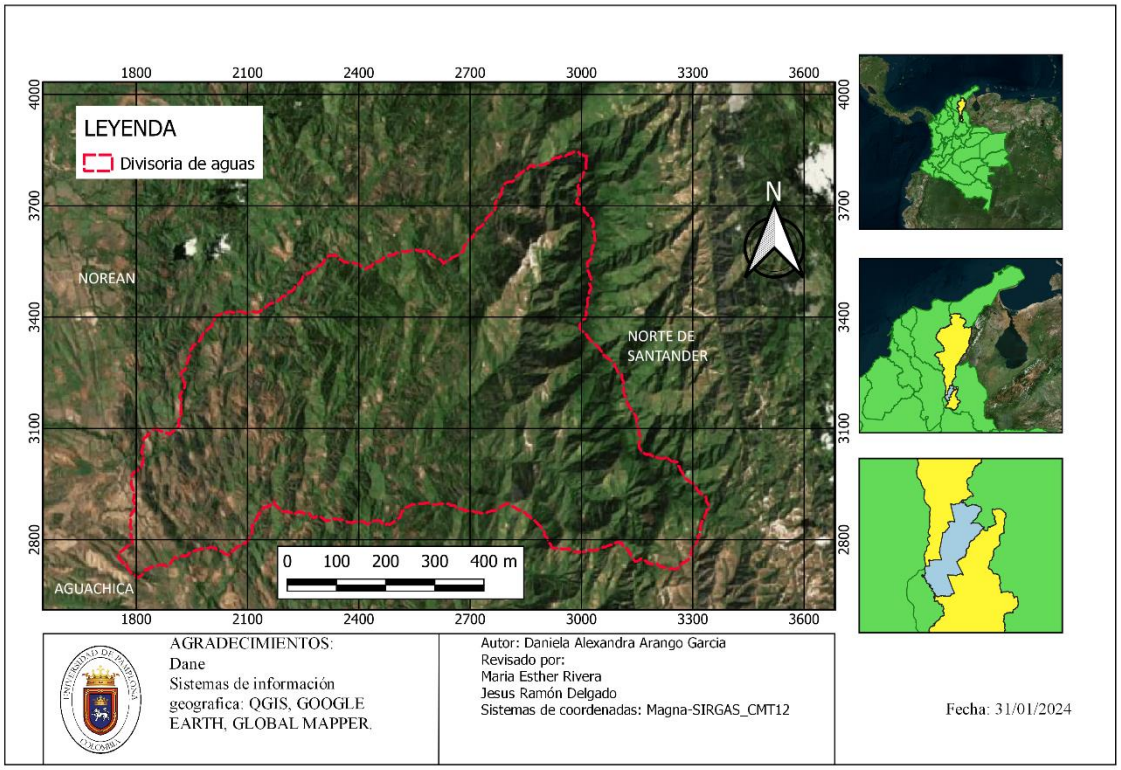
Marco contextual

La Empresa de Servicios Públicos de Aguachica E.S.P., se encuentra ubicada en el municipio de Aguachica, Cesar. Su infraestructura se divide en dos sectores: el urbano y el rural. Siendo el sector occidental de la cordillera oriental, en la serranía del Perijá zona principal de estudio del presente proyecto (comité de emergencia y contingencia de la E.S.P.A., 2021).

La quebrada Buturama es una de las fuentes superficiales de la zona que no presenta altas exposiciones a cargas contaminantes aparte de las actividades antrópicas como la agricultura y ganadería presentadas en la parte alta, es la fuente abastecedora de la planta de tratamiento de agua potable de la empresa de Servicios Públicos de Aguachica, encargada de suministrar a la población el preciado líquido, nace en las estribaciones de la cordillera Oriental entre los sitios de Camarones y Cerro redondo (ver figura 1).

Figura 1

Localización del área de estudio



Fuente: Arango (2024), modificado de Google Earth Pro

Antecedentes

La oferta hídrica en el municipio de Aguachica es muy oscilante y siempre se ve afectado por la variación climática, en especial el fenómeno del niño, en el caso de la demanda, se debe al crecimiento exponencial de nuevos barrios por población nativa e inmigrante. El recurso hídrico en el municipio es un tema de controversia en la última década debido a la falta de gestión de entidades gubernamentales que permitan mejorar la prestación del recurso hídrico a toda la población por medio de la empresa prestadora de servicio. A continuación, se da a conocer algunos antecedentes que permiten información de procesos, acciones y metodologías que sirven de base para el desarrollo de este proyecto.

Matailo, *et al.*, (2019) evaluaron las causas de las sequías y el efecto sobre los recursos naturales y el desarrollo sostenible según la clasificación meteorológica, agrícola,

hidrológica y socioeconómica, desarrollando mediante el método documental y profundizando con artículos científicos y reportes gubernamentales el impacto sobre los recursos y la sociedad indicando también los factores que dan origen a esta variabilidad climática, el Ecuador, por su ubicación geográfica se ve afectado por estos cambios, como las sequias afectando sectores productivos y ganaderos alterando la economía de la zona, demostrando que cuando no existe compromiso y políticas por parte de las autoridades competentes no es posible promover el crecimiento y desarrollo sostenible, económico, social y ambiental.

Rameix (2018) plasmó información del cambio climático y conflictos socioambientales en las ciudades intermedias de América Latina y el Caribe explicando que los procesos de urbanización modifican de manera artificial el clima creando un cambio ambiental y alterando la calidad de vida de los habitantes, mencionando también la propagación de enfermedades debido al cambio en temperaturas, respecto a los conflictos socioambientales dedujo que los principales generadores es la contaminación de acuíferos, minería a cielo abierto, deforestación, entre otros, asociándolos a situaciones complejas que reflejan desequilibrio social, ambiental, económico, cultural y poder territorial.

Martínez, Fernández, & Rubio (2012) analizaron caudales y variabilidad climática en una cuenca de latitudes medias en Sudamérica, específicamente en la cuenca del río Aconcagua determinando correlaciones lineales de los caudales e índices ENOS encontrando asociación entre los caudales máximos mensuales y eventos El Niño, caudales mínimos mensuales con eventos La Niña y correlaciones positivas entre el índice TSM y los caudales medios mensuales para el mismo período estacional.

En cambio, Ospina Zuñiga, Ochoa Olaya, & Vélez Ramírez (2017) estudiaron los efectos del fenómeno el niño en la calidad del agua del río magdalena en un lapso entre 2015 y 2016 en el municipio de Purificación – Tolima, determinando el comportamiento de la calidad del agua antes y durante el fenómeno del niño, realizando mediciones de distintos parámetros como la turbiedad, el color, el pH, la dureza, los fosfatos, nitratos, nitritos, cloruros y hierro, las muestras de agua cruda eran tomadas en la captación del sistema de acueducto urbano del municipio, dando como resultado que durante la ocurrencia del

fenómeno El Niño, el río Magdalena presentó cambios en su calidad del agua, con incremento en algunos contaminantes que pueden superar el tratamiento e implicar riesgo a la salud humana.

Bustos C. (2021) realizó un análisis de la disponibilidad hídrica superficial en la cuenca alta y media del río la vieja bajo escenarios de cambio climático considerando variaciones de precipitación y temperatura, basándose en registros históricos, demostrando que la zona de estudio se encuentra en déficit hídrico para la parte media y alta en tiempos de sequía determinando que la escasez hídrica proyectada para esta área de la subzona hidrográfica río La Vieja es producto de la distribución temporal del agua y no de la cantidad que circula anualmente, por lo tanto, la reforestación, especialmente en la ronda hídrica del río; las estructuras de almacenamiento de agua; o nuevas fuentes de agua son necesarias para asegurar la disponibilidad hídrica a mediano y largo plazo.

Gutiérrez, *et al.,* (2013) analizó la oferta hídrica en la cuenca hidrográfica del rio Dagua durante la ocurrencia de las fases extremas del fenómeno ENOS por medio correlaciones significativas de variables hidrometeorológicas por medio de anomalías obteniendo adelantos en estudios hidrometeorológicos de la región permitiendo una mejor gestión y planificación del recurso hídrico de la región.

Araujo Suarez & Rivera , (2021) tuvieron como objetivo obtener los indices de sequia del río Cesar, Colombia, debido a los fenómenos de sequía que han afectado el abastecimiento de la mayoría de los municipios del Cesar. recopilaron datos hidrometeorológicos de 20 estaciones del IDEAM desde 1986 hasta 2020. Se utilizaron los programas Clic-MD, SPIGenerator y databaseSPEI para obtener los índices de sequía SPI, SPEI e IESP. Obteniendo como resultados que la zona ha experimentado sequías de leve a extrema según los índices evaluados catalogandolas como de tipo meteorológico con presencia de sequía hidrológica. Se estableció que estos períodos de sequía han tenido un impacto en la agricultura, el flujo del cauce y la magnitud del caudal de la cuenca.

Florez Avila & Torres Salguero, (2022) Analizaron la relación del fenómeno del niño y el fenómeno de la niña, con la variabilidad en las precipitaciones de la región Andina, estableciendo la correlación entre los índices macro climáticos y valores meteorológicos, que

permitan prever las afectaciones causadas por dichos fenómenos, concluyendo que en la región de los Andes existe una realción inversamente proporcional entre el fenómeno ENOS y la precipitación. A medida que aumenta el fenómeno de El Niño, la precipitación será menor y a medida que aumenta el fenómeno de La Niña, la precipitación será mayor. Observando que realizar una correlación con todos los índices macroclimáticos con las precipitaciones en un área específica y el encuentro de factores que influyen en el comportamiento meteorológico en esa zona. Permitiendo hacer predicciones sobre el comportamiento de factores como la intensidad, la duración y la frecuencia de las precipitaciones mostrando panoramas de futuros comportamientos de sequias o inundaciones.

A continuación, se apreciará proyectos realizados en el municipio en el que se está enfocando este proyecto con el fin de tener bases de información cruciales para el óptimo desarrollo.

Saldaña-Escorcia, Otalvarez Herrera, & Herrera Galviz, (2022) estimó la oferta hídrica superficial disponible por medio de la implementación lluvia-escorrentía en el humedal El Gallinazo ubicada en el municipio de Aguachica que se ve afectado por actividades antropogénicas limitando su servicio ecosistémicos, inicialmente determinaron el grupo hidrológico y la cobertura de la zona de estudio por medio de “Corine Land Cover”, hicieron uso de software de sistemas de información geográfica y estaciones meteorológicas para determinar diversas variables y normatividad que permitieron establecer la oferta hídrica del humedal en estudio.

Miraval (2019) estudió y plasmó las zonas con potencial hídrico del municipio de Aguachica, Cesar. Con el fin de proporcionar solución a la problemática actual de suministro de agua potable en el municipio, por medio del cumplimiento del Objetivo de Desarrollo sostenible seis que se enfoca en garantizar el acceso universal al agua potable segura y asequible para la población mundial contribuyendo con el medio ambiente, evitando la captación del agua de la quebrada actualmente abastecedora disminuyendo el impacto generado de manera gradual.

Acevedo Amorocho, et al., (2022) estimaron una oferta al año 2050, contrastado con la demanda de expansión del consumo del sector productivo local, bajo los parámetros de consumo actuales y las medidas óptimas establecidas por la normatividad técnica colombiana. Teniendo presente la problemática que se ha venido presentando de periodos de razonamiento extensos en el municipio de Aguachica, Cesar, realizaron un análisis de las condiciones operativas de la empresa prestadora del servicio de agua junto al consumo actual por medio de modelos econométrico de estimación de demanda para analizar los pronósticos de consumo por hogar y por habitante. Prediciendo de igual manera los caudales en función de variables climáticas.

Marco teórico

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) indica que la variabilidad climática es el cambio del clima a corto o largo plazo, producido bajo la influencia del océano y la atmósfera, generando de manera periódica las oscilaciones en la temperatura del mar, la presión atmosférica y el viento. Al igual que el fenómeno mencionado también se puede mencionar la oscilación del atlántico norte (NAO), el dipolo del océano indico (OMM, 2022).

"La oscilación del Atlántico Norte se basa en la diferencia de presión en la superficie del nivel del mar entre el máximo subtropical (Azores) y el mínimo subpolar. Dividiéndose en dos fases: La fase positiva de la NAO refleja alturas y presiones por debajo de lo normal en las altas latitudes del Atlántico Norte y alturas y presiones por encima de lo normal en el Atlántico Norte central, el este de Estados Unidos y Europa occidental. La fase negativa refleja un patrón opuesto de anomalías de altura y presión en estas regiones" (National Centers for Environmental Information, 2024).

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2024) define la variabilidad climática como aquellos cambios en las desviaciones típicas y ocurrencia de fenómenos del clima en escalas temporales y espaciales independientemente de fenómenos meteorológicos. Refiriendo que la variabilidad puede ser causada por factores naturales o humanos.

Gutiérrez, Carvajal y Ávila (2013) consideran que el fenómeno del niño se caracteriza por la generación de anomalías en la precipitación, ocurrencia de sequias, incendios forestales y razonamiento energético que afectan el sector productivo y la población. Este fenómeno hace parte del patrón climático llamado El Niño Oscilación del Sur (ENOS) como lo indica la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres basándose en la interrelación del océano y la presión atmosférica generando un acoplamiento total. La Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA) desde 1950 ha venido detectando el fenómeno del niño en las distintas intensidades como fuerte, moderada y débil. Repercute negativamente especialmente en las regiones Caribe y Andina con consecuencias en la disminución de los caudales de los ríos y quebradas generando déficit hídrico en los sistemas de acueductos de los municipios y veredas, también es notoria la afectación en el sector de agricultura con los cambios micro climáticos en el territorio debido al aumento de temperatura y radiación solar, al igual que la disminución de la cobertura vegetal y humedad (Márquez Pérez, y otros, 2016)

Por medio de imágenes satelitales se observa el comportamiento de temperatura de la superficie del mar, permitiendo detectar las características de fenómenos hidrometeorológicos, durante los últimos años a través de diversos estudios han reportado el incremento de la variabilidad climática enfrentando a nuevos riesgos la población mundial (García *et al.*, 2012)

Debido al nivel de pobreza en Colombia de 36.6% como lo indica el DANE en el último reporte para el año 2022 dificulta la capacidad de respuesta ante situaciones de vulnerabilidad por desastres naturales permitiendo el aumento de damnificados por escases, sequía y afectaciones en la salud. Es necesario tener en cuenta que la inversión para la prevención de desastres naturales reduce los acontecimientos negativos a los que el país está acostumbrado a enfrentar en épocas de variabilidad climática (Ayala García & Dall'erba, 2021)

El niño, oscilación del sur es el más fuerte y predecible de los sistemas influyentes en la variabilidad climática, esta monitorizado por índices de temperatura superficial del agua definido en cuatro regiones a lo largo del Ecuador permitiendo medir las diferencias de temperatura entre estas zonas (Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de

Cantabria, 2011)

Así como se denomina al fenómeno natural caracterizado por fuertes sequias y altas temperaturas “El Niño”, al fenómeno natural en el que se presentan bajas temperaturas y lluvias es denominado “La Niña” siendo lo contrario el uno del otro. La Niña consiste en el enfriamiento de las aguas del Pacífico Tropical Oriental usualmente presentada cuando los vientos soplan nuevamente con mayor fuerza del este (Fajardo Barreto & Franco Ovalle, 2004).

El Índice del Niño Oceánico (ONI) es una medida de El Niño-Oscilación del Sur basado en periodos de 30 años en la región del Niño 3.4 (NOAA/ Servicio Meteorológico Nacional Centros Nacionales de Predicción Ambiental , 2024)

De igual manera, existe el Índice ENSO Multivariado Versión 2 (MEI V2) es la serie temporal de la combinación de variables oceánicas y atmosféricas, por las cuales se obtiene en un índice la evaluación del ENOS, proporcionando indicaciones en tiempo real la intensidad de dicho índice. (Laboratorio de ciencias físicas NOAA, 2024)

Existen diversas metodologías para estudiar las incidencias del fenómeno de El Niño, entre esas destacamos la usada con el software Climate Explorer por medio de estaciones medidoras de precipitación y temperatura permitiendo identificar casos atípicos con un análisis cluster el cual reduce la información en grupos con características similares y se clasifica según un criterio de selección permitiendo conocer las estaciones con datos atípicos. Posteriormente se realiza un análisis de correlación cruzada de Pearson que permite medir el grado de asociación lineal entre variables macro climáticas cuantitativas. (Puertas Orozco & Carvajal Escobar, 2008)

En el caso de un análisis estadístico de las relaciones de variables hidrometeorológicas de caudal y temperatura con el fenómeno de El Niño en una cuenca se destaca la interpolación de Kriging debido a que es un método geo-estadístico que permitirá estudiar la temperatura por medio de mapas de isolíneas, en el caso del caudal se calcula por variación porcentual, y dominio de las frecuencias se analiza por medio de la teoría de series de Fourier permitiendo un mejor análisis del comportamiento en la cuenca. (Fajardo Barreto & Franco Ovalle, 2004)

De igual manera, para el análisis de la variabilidad climática el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) plantea modelos numéricos y técnicas estadísticas por medio de registros históricos. Entre los modelos usados por dicha entidad está el Modelo Climático Regional CMM5 el cual es un modelo numérico de simulación de la circulación atmosférica con la temperatura superficial del mar con una escala temporal de mese y una resolución espacial de 90 y 30 Km; y el Modelo Estadístico de Análisis de Correlación Canónica -ACC, considerando a la temperatura superficial del mar como variable independientes y como dependiente los datos históricos de la precipitación y temperatura permitiendo así determinar el comportamiento climático a tres meses. (IDEAM, 2024)

El Índice Estandarizado de Precipitación mediante la cuantificación de precipitación caracteriza las sequias, clasificando los valores negativos como tiempos de sequias y los valores positivos tiempos de humedad (Cerón, Carvajal Escobar, & Baquero Montoya, 2015)

Así como lo plantea Díaz Barriga et al., (2019) el índice de sequía en caudales (SDI) está enfocado en los volúmenes de caudales en distintos periodos escalonados de tres. Seis, nueve y doce meses, mediante la variación de los escurrimientos con respecto a su media.

El análisis de una correlación es una técnica estadística que permite calcular la relación entre variables, donde el coeficiente de correlación que varia de -1 a +1 permite determinar la intensidad de la correlación, donde se puede afirmar la dirección ya sea positiva con un valor entre 0 y 1 ó negativa entre -1 y 0, y la fuerza teniendo presente la tabla 1. (DATAtab, 2024)

Tabla 1

Fuerza de correlación

Valor	Fuerza de la correlación
0.0 < 0.1	No hay correlación
0.1 < 0.3	Poca correlación
0.3 < 0.5	Correlación media
0.5 < 0.7	Correlación alta
0.7 < 1	Correlación muy alta

Fuente: DATAtab, (2024)

Por medio del diagrama de dispersión se puede dar una estimación de si hay o no una correlación y si cuenta con valores atipicos, para saber que tipo de correlación utilizar se debe determinar si el conjunto de datos cuenta con una distribución normal haciendo uso tambien de diagramas como Q-Q plots. Para el uso de la correlacion de Pearson las variables deben tener una distribución normal y tener una relación lineal entre ellas, no obstante, si no cumple con una distribución normal se puede hacer uso de la correlación de Spearman ya que es el equivalente no parametrico de Pearson, basandose en el sistema de clasificación de las series de datos, transformando los valores en rangos. (DATAtab, 2024)

A demás, de garantizar la disponibilidad de agua en el municipio, se debe tener presente la calidad y saneamiento de esta, tal como se expresa en el objetivo 6 : agua limpia y saneamiento de los objetivos de desarrollo sostenible planteado por la Organización de las Naciones Unidas, teniendo presente que el cumplimiento de este objetivo es fundamental para mitigar el cambio climático en los años próximos, disminuyendo enfermedades relacionadas con el agua, la pérdida de biodiversidad y el deterioro de los ecosistemas. (Organización de las Naciones Unidas (ONU), 2015)

El diagrama ombrotérmico o de Gaussen-Walter es utilizado para determinar los periodos de sequía o humedad en base a los datos de precipitación y temperatura, representando los periodos secos con un relleno apuntillado en la gráfica cuando la curva de precipitaciones es más baja que la de temperatura, por otro lado, los periodos de humedad son representados con líneas verticales (E. R. Hajek & F. di Castri, 1975) .

Conceptos básicos de morfometría de cuencas hidrográficas.

Según Gaspari et al., (2012) la integración de los parámetros morfométricos en cuencas hidrográficas es un aporte significativo relevante para la consolidación del ordenamiento ambiental, constituyendo una herramienta para la organización de las comunidades y su entorno ante eventos climáticos, relacionado con la posibilidad de aprovechamiento hídrico y la respuesta a los mismos.

Tal como lo plantea Cardona, (2016) y el Ministerio de ambiente, (2024) algunos de los parámetros forman y morfométricos esta:

Área (A): es la proyección de toda la superficie de drenaje delimitada por la divisoria de aguas de la zona en estudio, expresado en Km2.

Perímetro (P): Longitud que recorre la divisoria de aguas, expresado en metros (m) o kilómetros (Km).

Longitud de la cuenca (L): Se define como la distancia desde la desembocadura de la cuenca hasta otro punto aguas arriba donde la tendencia general del río principal corte la divisoria de la cuenca.

Ancho de la cuenca (B): Se define como la relación entre el área y la longitud de la cuenca.

Factor de Forma de Horton (Kf): Es la relación entre el área y el cuadrado de la longitud de la cuenca. Determinado por la ecuación 1 de la tabla 5.

Coeficiente de compacidad (kc): es la razón entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de la circunferencia. Calculado por medio de la ecuación 3 planteada en la tabla 5 y descrita en base a la tabla 2.

Tabla 2

Característica de la cuenca según el coeficiente de compacidad.

Clase	Rango	Característica
Kc1	1 a 1.25	Forma casi redonda a oval-redonda
Kc2	1.25 a1.5	Forma oval-oblonga
Kc3	> 1.5	Forma oval-oblonga a rectangular-oblonga

Fuente: Ministerio de ambiente, (2024)

Índice de alargamiento: relaciona la longitud del cauce principal y el ancho máximo de la cuenca. Calculado por medio de la ecuación 4 planteada en la tabla 5 y definida por la tabla 3.

Tabla 3

Característica de la cuenca según el índice de alargamiento

Ia	Característica
Ia > 1	Cuenca alargada
Ia < 1	Cuenca achatada y cauce principal corto

Fuente: Ministerio de ambiente, (2024)

Pendiente media del cauce: relaciona la altura total del cauce principal y la longitud del mismo. Hallada por medio de la ecuación 7 de la tabla 5.

Pendiente media de la cuenca: es la variación de la inclinación de la cuenca. Determinada con la ecuación 8 de la tabla 5 y teniendo presente la clasificación de la tabla 4.

Tabla 4

Clasificación de las cuencas según la pendiente.

Pendiente media (%)	Tipo de relieve
0-3	Plano
3-7	Suave
7-12	Medianamente accidentadado
12-20	Accidentado
20-35	Fuertemente accidentado
35-50	Muy fuertemente accidentado
50-75	Escarpado
>75	Muy escarpado

Fuente: Ministerio de ambiente, (2024)

Longitud del cauce (L): longitud del cauce desde el punto de concentración hasta el tramo de mayor longitud del mismo.

Perfil Longitudinal del cauce: Linea que dibuja la quebrada desde su nacimiento hasta el sitio de estudio represntada de manera grafica.

Tiempo de concentración: Es el tiempo comprendido del agua desde el punto más alejado de la cuenca hasta el punto de salida, determinado por la formula de kirpich plasmada en la tabla 5 como ecuación 10.

Tabla 5

Ecuaciones de parámetros físicos y morfométricos.

Nombre	Número de ecuación	Ecuación
Factor forma de Horton	Ec. 1	$Ff = \frac{A}{Lcp^2}$
Índice de circularidad	Ec. 2	$Ic = \frac{4 \cdot \pi \cdot A}{P^2}$
Coeficiente de compacidad	Ec. 3	$Kc = \frac{0{,}282 \cdot P}{\sqrt{A}}$
Índice de alargamiento	Ec. 4	$Ia = \frac{La}{l}$
Densidad de drenaje	Ec. 5	$Dd = \frac{Lx}{A}$
Coeficiente de torrencialidad	Ec. 6	$Ct = \frac{\#cauces\ orden\ 1}{A}$
Pendiente media del cauce	Ec. 7	$Sm = \frac{Hmax - Hmin}{lcp}$
Pendiente media de la cuenca	Ec. 8	$S\ (\%) = \frac{HM - Hm}{1000 \cdot La} \cdot 100$

Coeficiente de masividad	Ec. 9	$Km=\frac{Em}{A}$
Tiempo de concentración (Kirpich)	Ec. 10	$Tc=0.066\left(\frac{L}{\sqrt{S}}\right)^{0.77}$

Fuente: Arango (2024)

Marco legal

La normatividad establecida por las entidades gubernamentales y ambientales instauran estándares para estudios y proyectos, proporcionando principios y directrices para una orientación adecuada con el objetivo de minimizar los impactos negativos al medio ambiente, garantizando el derecho a un ambiente sano respondiendo a las necesidades de la comunidad. En este proyecto consideró como marco de referencia las normas visualizadas en la Tabla 6 teniendo presente que se pueden ir incluyendo más normas según como se desarrolle el proyecto.

Tabla 6

Marco normativo de referencia

Norma	Responsable	Descripción
Ley 87 de 1993, Artículo 2	Las entidades y organismos del estado.	"Objetivos del sistema de Control Interno. Atendiendo los principios constitucionales que debe caracterizar la administración pública, el diseño y el desarrollo del Sistema de Control Interno se orientará al logro de los siguientes

		objetivos fundamentales" (Función Pública, 1993)
Ley 1523 del 14 de abril de 2012	Alcaldía Municipal.	"Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres." (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia, 2012)
Resolución No. 0154 del 19 de marzo de 2014	Entidades encargadas de la prestación de servicios públicos.	"Por la cual se adoptan los lineamientos para la formulación de los Planes de Emergencia y Contingencia para el manejo de desastres y emergencias asociados a la prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo y se dictan otras disposiciones." (Ministerio de Vivienda, ciudad y territorio , 2014)
Decreto 1076 de 2015	Entidades gubernamentales y no gubernamentales.	Modificaciones introducidas al Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. (Función pública , 2015)
Decreto 953 de 2013	Autoridades ambientales.	"Conservación de áreas estratégicas para el suministro de agua a los acueductos municipales, distritales y regionales a través de la

	adquisición de predios ubicados en estas áreas o la financiación de esquemas de Pago por Servicios ambientales" (Minambiente, 2013)

Fuente: Adaptado por Arango (2024)

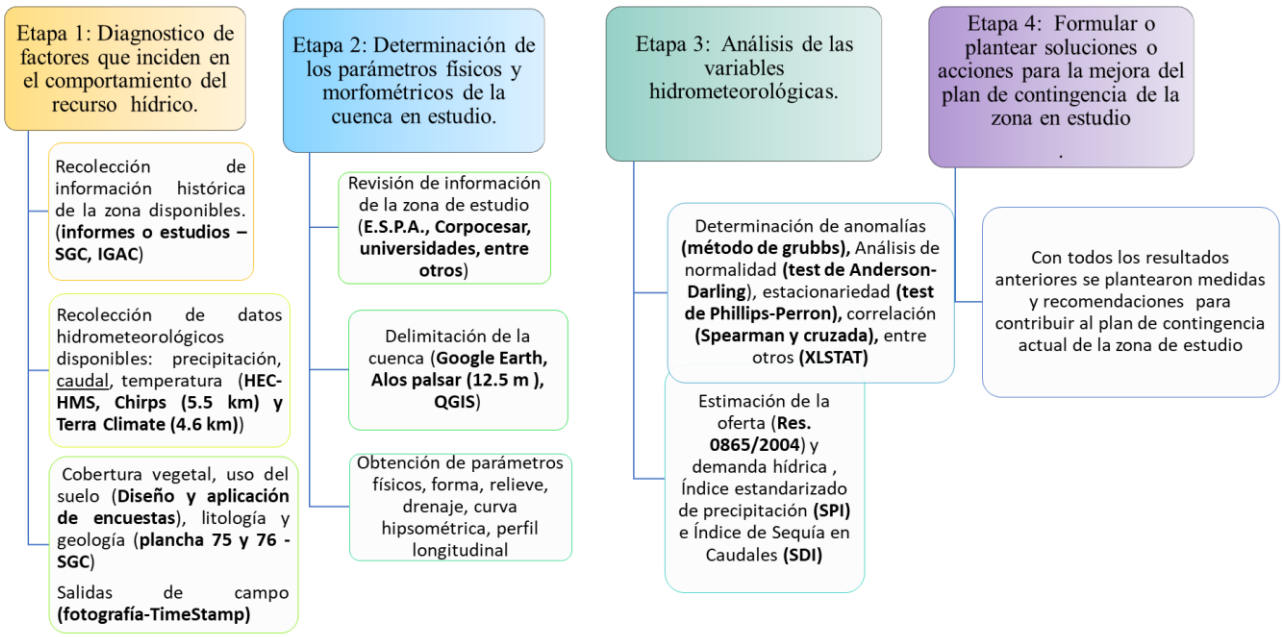
Capítulo III

Metodología

Este proyecto se realizó mediante un diseño investigativo con variables cuantitativas y una orientación descriptiva, por medio de encuestas, bases de datos y sistemas de información geográfica, que permitieron determinar información para conocer la morfometría de la cuenca y el diagnóstico de los efectos que se presentan en la zona de estudio por parte del fenómeno natural en el que se está enfocando. En la figura 2 se muestran las actividades a realizadas en el desarrollo de los objetivos.

Figura 2

Diagrama de la metodología



Fuente: Arango (2024)
Nota: Se aprecia las etapas en las que se dividió el desarrollo de este proyecto.

Etapa 1. Diagnóstico de los factores que inciden en el comportamiento del recurso hídrico de la zona de estudio.

Las variables meteorológicas como la precipitación diaria tomada por medio de Google Earth Engine de la base de datos Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station (Chirps) con una resolución de 5.5 metros, a través de un código de programación donde se especificó un periodo desde 2014 hasta 2023, este procedimiento se repitió con un código adaptado para datos de temperatura mensual con el mismo rango de tiempo, con ayuda de la base de datos de Terra Climate con una resolución de 4.6 metros.

Los caudales que se tuvieron presente para los análisis, oferta hídrica y correlación se calcularon por medio del software HEC-HMS implementando la metodología planteada por Quimbay Moreno *et al.*, (2014) para los últimos 10 años.

A través de las planchas número 75 y 76 brindadas por el Servicio Geológico Colombiano (SGC) se pudo determinar la geología de la cuenca, georreferenciando las planchas mencionadas para la extracción del área de la cuenca por el sistema libre y gratuito QGIS, de igual manera, por medio del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) se obtuvo mapas de los suelos permitiendo conocer la litología de la cuenca.

Por medio de salidas de campo e implementando la metodología Corine Land Cover se verificó la cobertura vegetal, los tipos de suelo y el uso que se les está brindando, en el recorrido se tomaron 5 muestras en diferentes puntos del sector bajo, debido a la dificultad en la accesibilidad a la parte media y alta de la cuenca, dichas muestras se llevaron al laboratorio de mecánica de suelos de la universidad de Pamplona iniciando con el proceso de granulometría plasmado en el manual de laboratorios de suelos en ingeniería civil por Bowles, J. E. (1981). haciendo uso de una agitadora observada en la figura 3 y un peso electrónico mostrado en la Figura 4.

Una vez obtenido los datos de las muestras retenidas en cada tamiz se calcula el porcentaje retenido, expresado mediante la ecuación 11, posteriormente se determina el porcentaje que atraviesa con la ecuación 12.

$$\%Retenido = Peso\ retenido\ en\ el\ tamiz \ / \ peso\ muestra\ inicial \qquad Ecuación. 11$$

$$Porcentaje\ que\ pasa = porcentaje\ que\ llega - \%\ Retenido \qquad Ecuación.\ 12$$

Figura 3

Agitadora.



Figura 4

Peso electrónico.



Fuente: Arango (2024)

Se descargo el mapa de cobertura existente por medio de la plataforma Colombia en Mapas del IGAC, posteriormente se verifico las diversas características y coberturas presentadas en la zona.

Etapa 2. Determinación de los parámetros físicos y morfométricos de la cuenca en estudio.

Se utilizó Google Earth Pro para descargar el polígono de la cuenca en formato KMZ, para la obtención del modelo digital de elevación (DEM) se tuvo presente el satellite Alos Palsar con una resolución 12.5 metros. Luego, se utilizó el software libre y gratuito Qgis y sus herramientas: r.fill.dir, Fill sinks(wang & liu), strahler order-elevation, r.watershed-Elevation, r. water.oulet, r.to.vect, channel network and drainage basins, entre otras. Para la obtención de los **parámetros físicos** (área, perímetro, ancho máximo, longitud axial, cota

máxima y mínima de la cuenca, cota máxima del cauce, longitud de todos los cauces, orden de corriente, entre otros) , los **parámetros de forma** (factor forma, índice de circularidad, de compacidad e índice de alargamiento), los **parámetros de drenaje** (densidad de drenaje, coeficiente de torrencialidad), posteriormente, los **parámetros de relieve** (pendiente media del cauce, pendiente media de la cuenca, elevación media de la cuenca y coeficiente de masividad) y **tiempos de concentración** (Kirpich) dichos parámetros mencionados anteriormente se determinaron por medio de la tabla 5 donde se planteó las ecuaciones.

Etapa 3. Análisis de las variables hidrometeorológicas (Caudal, precipitación, temperatura)

Los datos de las variables de precipitación y temperatura obtenidos en la etapa 1 se les aplico un análisis para determinar las anomalías, diagnosticadas con el estadístico unilateral del método de grubbs en el software Microsoft Excel, evaluando los datos más grandes como un valor atípico, seguidamente, por medio de gráficos realizados (box – plot, diagrama ombrotermico, barras, Q-Q plot, líneas e histograma, series temporales, test Augmented Dickey-Fuller, modelo Holt-Winters) en Rstudios software gratuito y de código abierto y XLSTAT. Se determino la normalidad con el test de Anderson-Darling de las variables en diferentes series de tiempo y su comportamiento por medio de diagramas de dispersión donde se observó el comportamiento y distribución de las variables meteorológicas mencionadas. Posteriormente, se determinó la estacionalidad con el test de Phillips-Perron, donde finalmente se escogió e implementó el método de correlación de Spearman. En el caso de correlación con ONI se utilizó series de datos trimensuales y con MEI series de datos bimensuales.

Se calculó el índice de precipitación estandarizada (SPI) y el índice de sequía en caudales (SDI) con los datos de precipitación y caudales mensuales por medio de la interfaz del software DrinC de sistema gratuito permitiendo determinar la afectación de dichas variables en los distintos meses.

La obtención de la demanda se realizó teniendo presente la demanda domestica, agricola y pecuaria, determinandose con la información recolectada en salidas a campo implementando encuestas, el caudal consecionado por la empresa de Servicios Publicos de

Aguachica (E.S.P.), el coeficiente de cultivo (Kc) correspondiente a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el modulo de consumo proporcionado por la Corporación Autonoma del Cesar.

Etapa 4. Formulación o planteamiento de soluciones para la mejora del plan de contingencia de la zona en estudio.

Teniendo presente las salidas de campo y diálogo directo con la comunidad rural perteneciente a la zona de estudio, se plantearon posibles soluciones a las problemáticas observadas, enfocada al sistema de almacenamiento de aguas para uso doméstico no consumible.

También se tuvo en cuenta que alternativas de actividades identificadoras de riesgos y gestión del recurso pueden ser efectivas en la zona de estudio, permitiendo mejorar el flujo del cauce de captación.

Capítulo IV

Resultados y Discusión

Diagnóstico de los factores que inciden en el comportamiento del recurso hídrico de la zona de estudio.

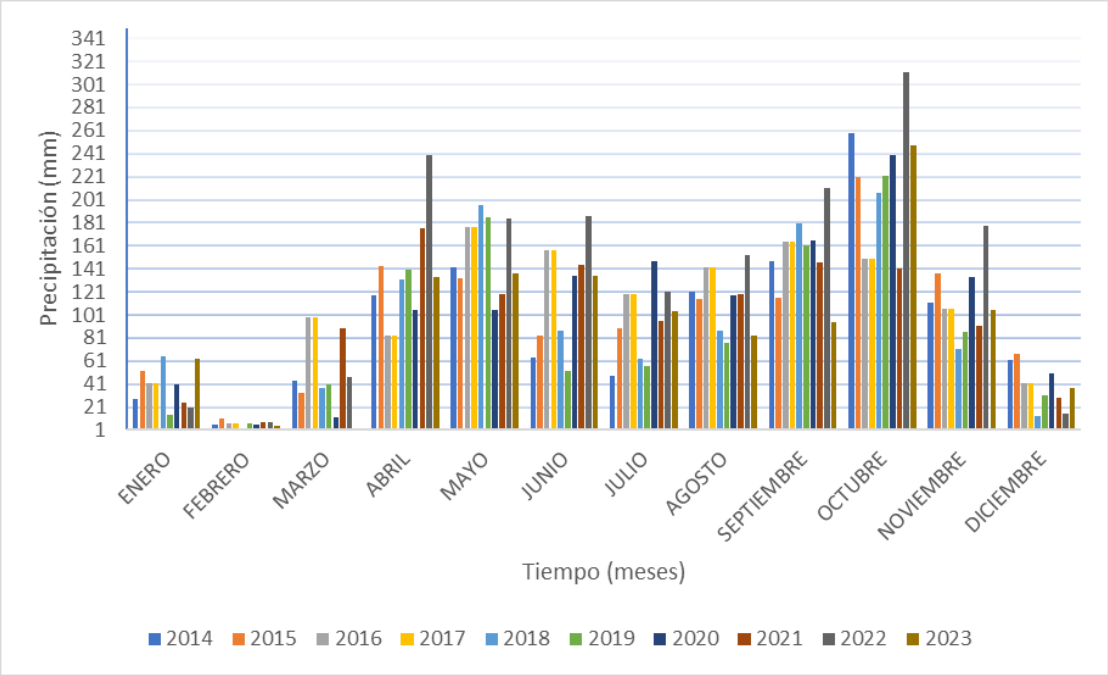
En la Figura 5 se observa el comportamiento de la precipitación mensual en un lapso de 10 años desde 2014 hasta 2023, evidenciando que octubre es el mes que registra la mayor acumulación de lluvias, mientras que febrero presenta los índices más bajos y es notable una variabilidad de un año a otro en los mismos meses. De la misma manera, en la Figura 6 se destaca que el año 2022 ha registrado mayor presencia de lluvias, con volúmenes que oscilan entre los 1050 y 1700 mm, siendo un año con lluvias significativas con 80% de intensidad débil y moderada según lo planteado por el IDEAM, (2022)

Siendo el 2019 el más afectado por condiciones debajo de lo normal presentando anomalías en la zona de la costa caribe, superando los déficits de lluvia entre el 40% y 80% como lo expreso el Gobierno de Colombia (2020)

Para la temperatura, en la figura 7 exhibe fluctuaciones significativas, comparando el comportamiento con la variable precipitación en la figura 8 se afirma una conducta inversamente proporcional.

Figura 5

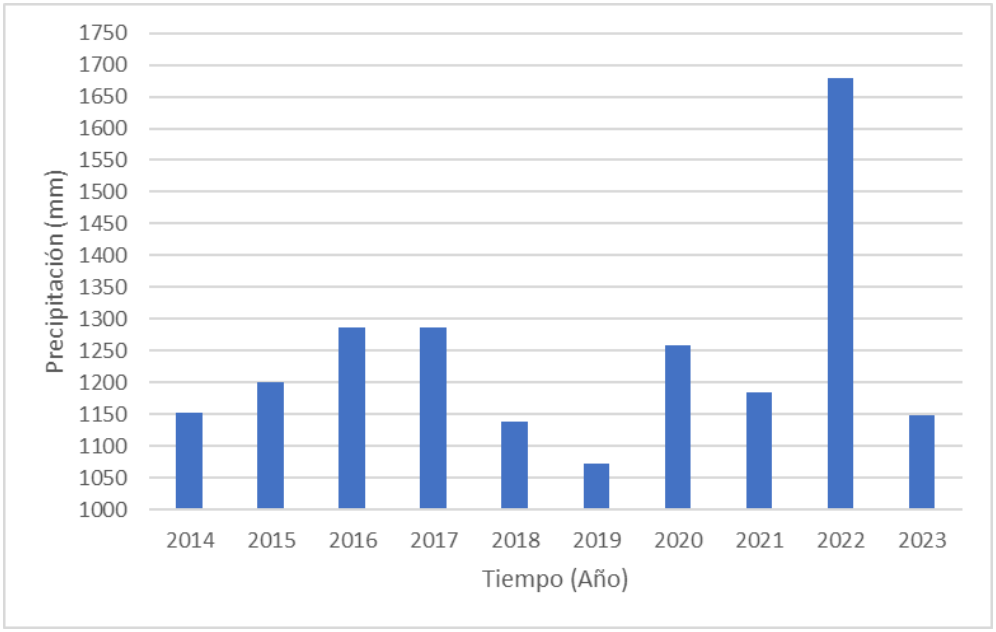
Precipitación mensual de los diez años en estudio.



Fuente: Arango (2024)

Figura 6

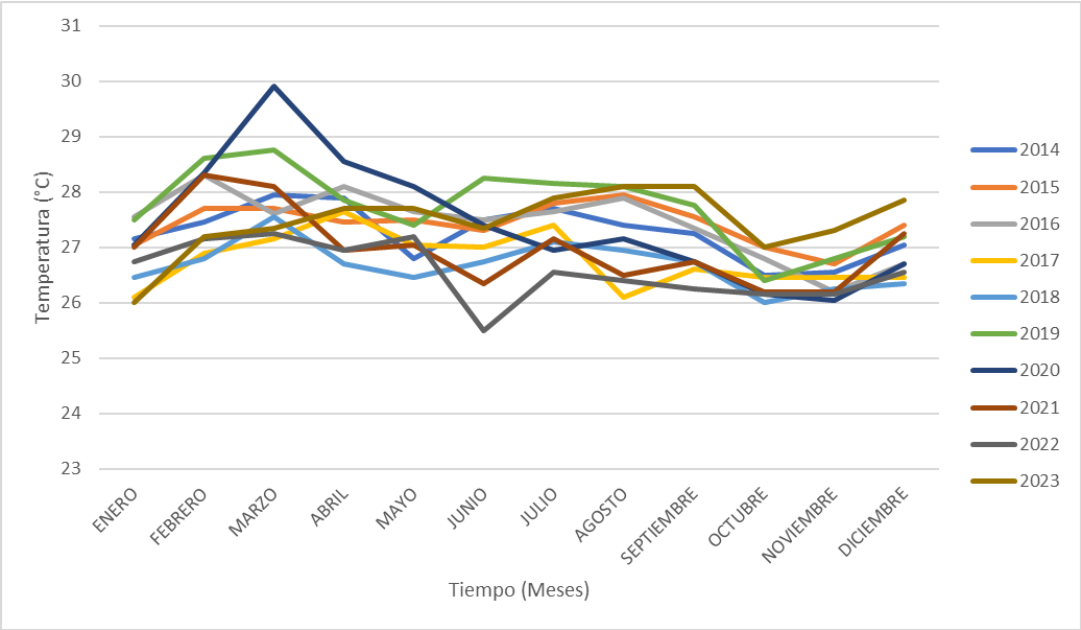
Precipitación anual desde 2014 hasta 2023



Fuente: Arango (2024)

Figura 7

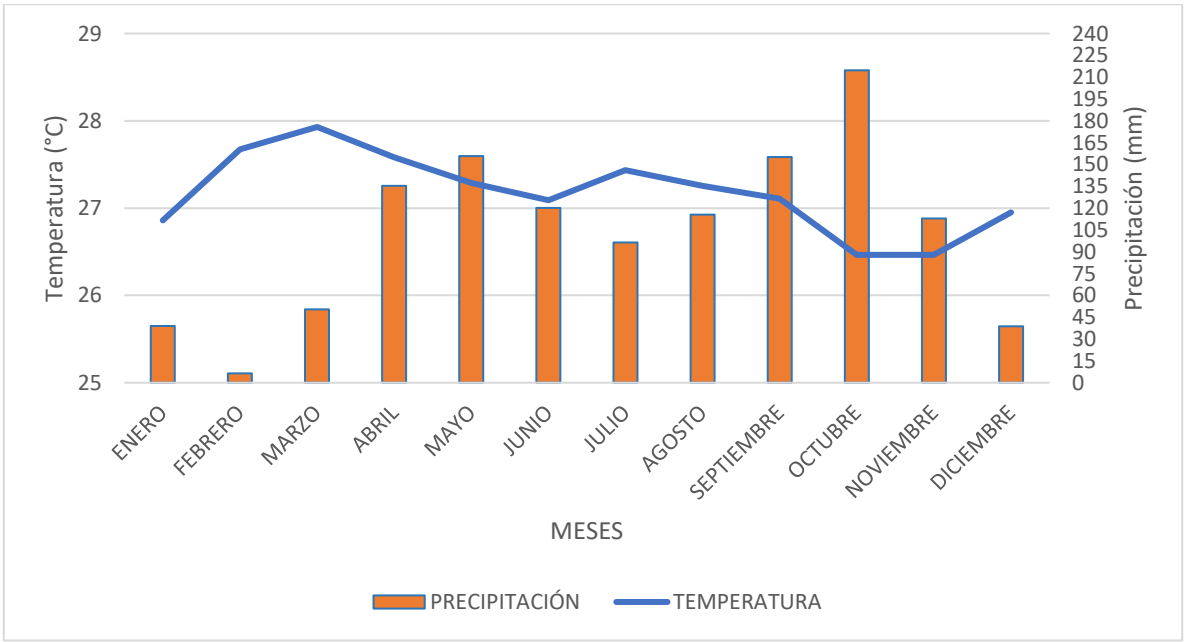
Temperatura media mensual



Fuente: Arango (2024)

Figura 8

Climograma



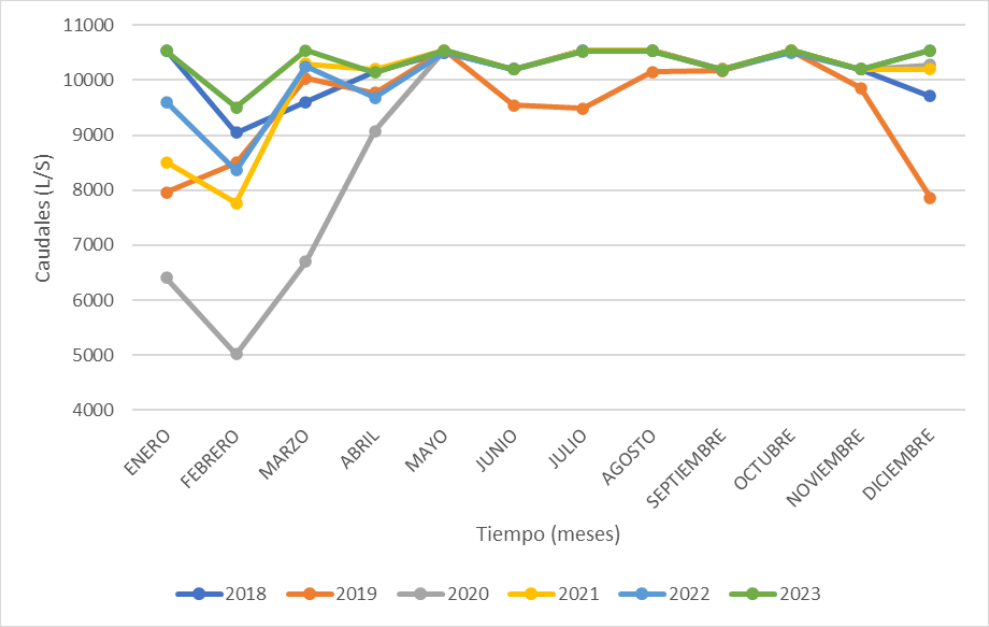
Fuente: Arango (2024)

La Figura 9 manifiesta los caudales de ingreso a la planta de tratamiento de agua potable en las diferentes épocas de los años a partir del 2018, donde se observa que usualmente en febrero es el mes donde menor caudal se presenta, recalcando que en temporadas de sequía el caudal baja a un nivel considerado, haciendo que todo el caudal ingrese a la planta, no obstante, en temporadas de abundante o constante caudal se maneja 340 L/S como caudal máximo, información proporcionada por la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica (E.S.P.A) y corroborada por la Corporación autónoma del Cesar (2014).

Los estudios realizados por la E.S.P.A consideran la quebrada Buturama apta para fuente de abastecimiento humano con un tratamiento previo de potabilización, de igual manera la Universidad de Magdalena considera la fuente apta para uso de riego, fines agrícolas y preservación de fauna y flora. Según lo planteado en los informes de la Corporación autónoma del Cesar (2014).

Figura 9

Caudales mensuales de entrada a la planta de agua potable

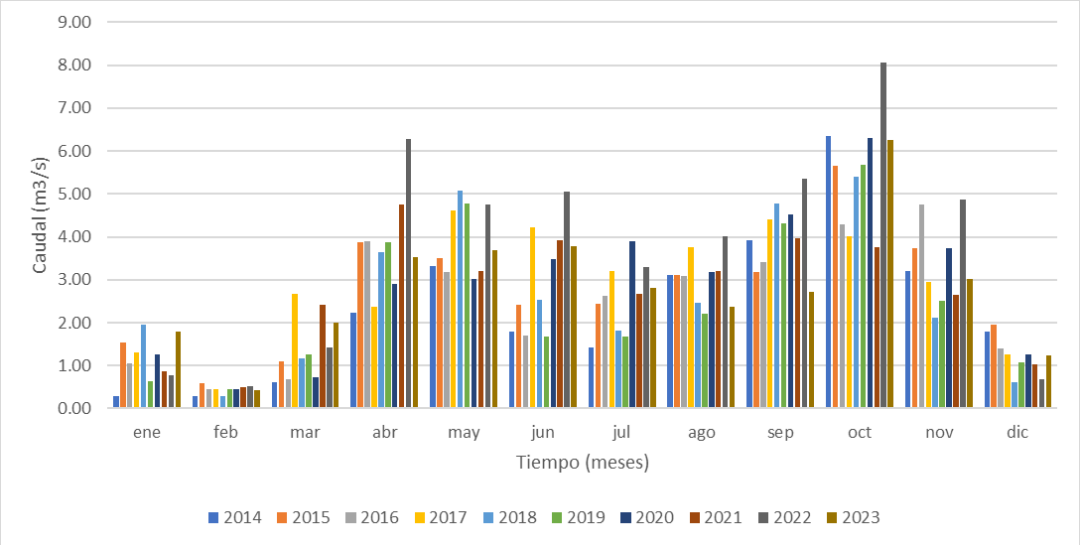


Fuente: Arango (2024)

En la figura 10 se aprecia los caudales calculados para las correlaciones teniendo presente el promedio del número de curva en la cuenca el cual se puede observar en el anexo 1 y la precipitación; es notorio como septiembre, octubre y noviembre son meses donde tiende a mayor presencia de lluvias, y diciembre, enero y febrero los meses con mayor ausencia de estas.

Figura 10

comportamiento de los caudales calculados



Fuente: Arango (2024)

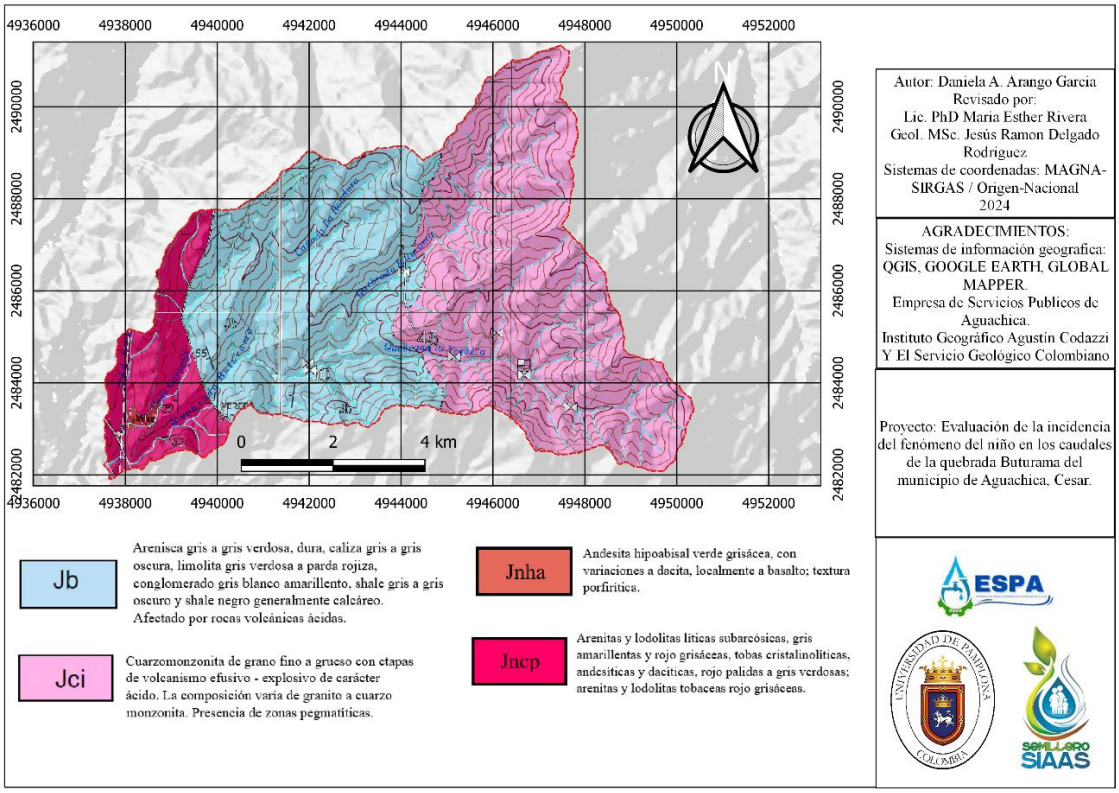
Al sur de la serranía el Perijá nace la quebrada Buturama que abastece al municipio de Aguachica, lo que se clasificó como quebrada Buturama baja, media y alta, este proyecto se enfocó en la parte alta, donde se encuentran rocas metamórficas e ígneas, y rocas sedimentarias según lo planteado por la Gobernación del departamento del Cesar, (2020)

En la figura 11 se contempla que en el área de la cuenca de la quebrada Buturama alta se encuentra rocas ígneas como el cuarzomonzonita de grano fino a grueso; rocas volcánicas de carácter efusivo – explosivo, acidas. Presencia de zonas pegmatíticas, también se encuentra rocas sedimentarias con alternancia de lodolitas gris verdosas y rojo grisáceas con arenitas líticas gris amarillentas, capas aisladas de calizas, tobas y lavas. (Rommel Daconte B.; Rosalba Salinas E., 2013)

De igual manera, en la figura 12 se observa la distribución de las unidades de suelo que se encuentran en el área de la cuenca, evidenciando que hay mayor presencia de suelos residuales de granitos y granodiorita a diferencia de las áreas de suelos residuales formados a partir de rocas sedimentarias.

Figura 11

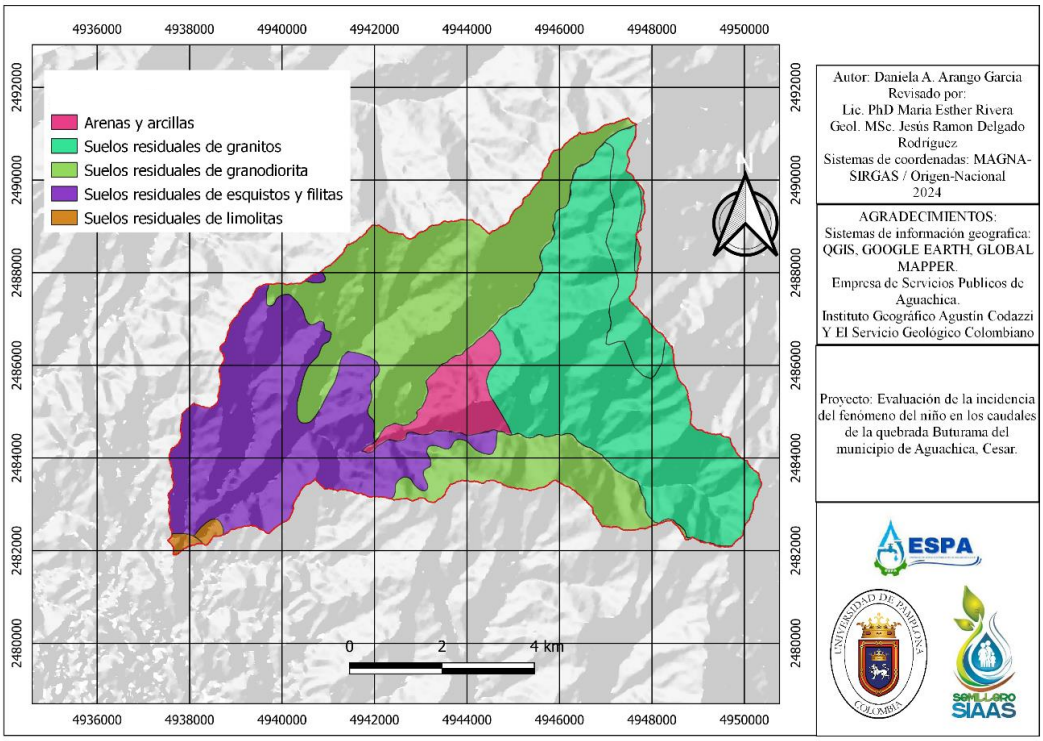
Geología de la quebrada Buturama.



Fuente: Arango (2024), modificado de las planchas geológicas 75 y 76.

Figura 12

Litología de la quebrada Buturama.



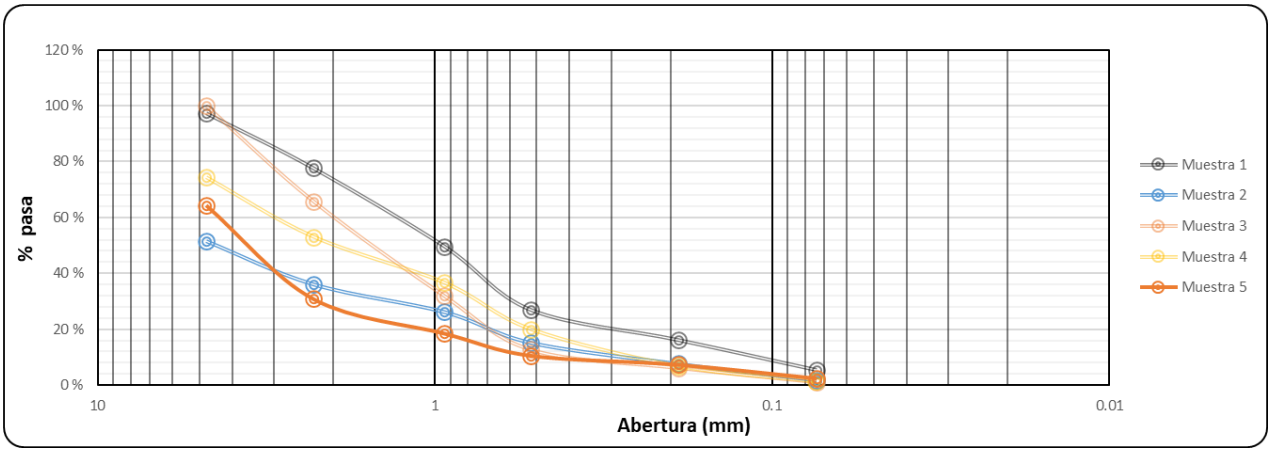
Fuente: Arango (2024)

En la figura 13, se observa la curva granulométrica para 5 muestras tomadas en la micro cuenca de la quebrada Buturama alta en las que se puede observar que predominan suelos con mayor porcentaje de arena y grava. En menor proporción se tienen suelos con fracciones finas.

Dada la permeabilidad de estos suelos, la lluvia se infiltra y percola llegando a saturar los suelos y facilitando el aumento de la escorrentía. En la figura 14 se puede observar texturas arenosas con una diferencia de colores amarillos, oscuro y rojizos lo cual es consecuencia de la concentración de óxidos de hierro, como lo menciona Corpocesar (2014)

Figura 13

Curva granulométrica



Fuente: Arango (2024)

Figura 14

Muestras de suelo.



Fuente: Arango (2024),

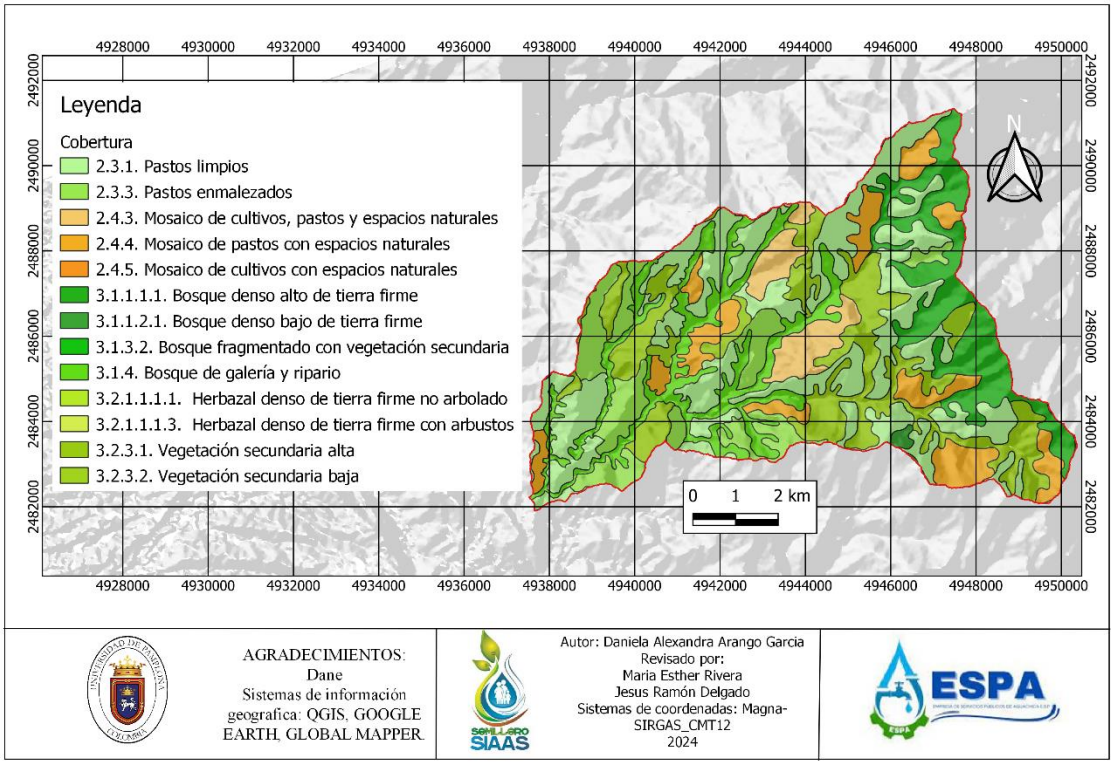
La cobertura vegetal se ve afectada por procesos e interacciones de elementos físicos, biológicos y sociales, ejerciendo un efecto significativo en la estructura, biodiversidad y funcionamiento del ecosistema, promoviendo los procesos de degradación del suelo, la

calidad del recurso hídrico, fauna y flora, afectando el aprovisionamiento de servicios ambientales. (Nené Preciado et al., 2017)

En la figura 15 de acuerdo como lo indica Corpocesar (2020) la cuenca en estudio cuenta con una cobertura de bosques protectores y protectores–productores como los bosques densos alto y bajo siendo hábitats de especies, bosques de galería y ripario en las riberas protegiendo el recurso hídrico; de igual manera se encuentran pequeños parches aislados, indicando que han sufrido intervención del hombre, incluyendo mosaicos de cultivos, bosques y vegetación secundaria, entre otros, además del uso pecuario que incluye pastos limpios y pastos enmalezados, conservando las especies arbóreas. Anexo 2

Figura 15

Mapa de coberturas



Fuente: Arango (2024)

Determinación de los parámetros físicos y morfométricos de la cuenca en estudio.

El estudio cuantitativo de las particularidades físicas de una cuenca hidrográfica permite analizar la red de drenaje, las pendientes y la forma de una cuenca a partir del cálculo de valores numéricos, relacionada con la captación del agua, específicamente durante eventos climáticos. Relacionando así, las características físicas con el comportamiento de los caudales presentes. (Cardona, 2016)

En la tabla 7 se muestra los parámetros determinados en la delimitación de la cuenca de la quebrada Buturama permitiendo conocer datos cuantitativos de la caracterización física de esta. Logrando determinar que es una cuenca con una jerarquización de orden 5 utilizando el método de ordenación de los segmentos y cursos fluviales Strahler, con un valor bajo de densidad de drenaje que indica una alta resistencia a la erosión, siendo susceptible a crecidas y producción sostenida de caudales en base al perímetro, factor forma y longitud del cauce, considerada oval oblonga a rectangular oblonga y con una concentración del volumen del agua de escurrimiento baja según el índice de Gravelius, no obstante, el tiempo de concentración de la lluvia es rápido, por lo tanto, no se consideran susceptibilidad por inundaciones, con el coeficiente de circularidad y el coeficiente de masividad indica que es una cuenca ovalada, moderadamente montañosa y fuertemente accidentada según la pendiente media de la cuenca.

Tabla 7

Parámetros físicos y morfométricos de la cuenca de la quebrada Buturama.

PARAMETROS FISCOS			
PARAMETRO	**SIMBOLO**	**VALOR**	**UNIDAD**
Área	A	64.616	km2
Perímetro	P	55.248	km
Ancho max	I	8.698	km
Long axial	La	12.836	km
Cota max	HM	375.000	msnm
Cota min	Hm	2.286	msnm

Cota max cauce	HMc	2076	msnm
Long todos los cauces	Ltc	14.103	km
Long cauce principal	Lcp	1.5	km
Orden de corriente	Oc	5	adimensional
Numero escurrimiento orden 1	Nesc	331	adimensional
Long curvas de nivel		3370.54	km
Intervalos curva de nivel		10	km
Ancho prom	Am	5.0340	
PARAMETROS DE FORMA			
PARAMETRO	**SIMBOLO**	**VALOR**	**UNIDAD**
Factor forma	Ff	28.72	
Coeficiente de circularidad o Indice de Miller	Ic	0.266	
Coeficiente de compacidad o índice de Gravelius	Kc	1.938	
Índice de alargamiento	Ia	1.476	
PARAMETROS DE RELIEVE			
PARAMETRO	**SIMBOLO**	**VALOR**	**UNIDAD**
Pendiente media del cauce	Sm	24.848	%

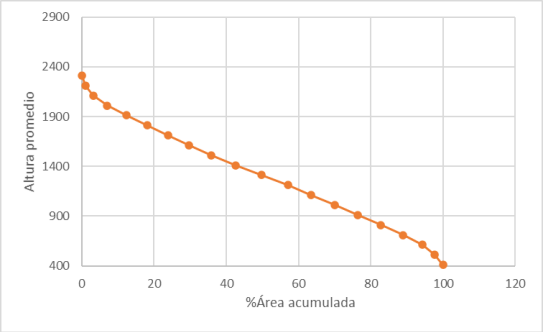
Pendiente media de la cuenca	S(%)	2.904	%
Elevacion media de la cuenca	Em	1266	
Coeficiente de Masividad	Km	20	
PARAMETROS DE DRENAJE			
PARAMETRO	**SIMBOLO**	**VALOR**	**UNIDAD**
Densidad de drenaje	Dd	0.22	Km/Km2
Coeficiente de torrencialidad	Ct	5.123	
TIEMPO DE CONCENTRACION			
PARAMETRO	**SIMBOLO**	**VALOR**	**UNIDAD**
kirpich	Tc	0.154	horas

Fuente: Arango (2024)

La curva hipsométrica es una forma objetiva de describir la altitud y elevación de una cuenca, mostrando como el área drenada varía en función a la altura de la superficie de la cuenca. En la figura 16 de acuerdo con el Ministerio de ambiente (2024) y la figura 17 de referencia, se observa que la cuenca de la quebrada Buturama se encuentra en etapa de madurez y en equilibrio, indicando arrastre de partículas y sedimentos con velocidades moderadas, con alturas relativas que oscilan entre 2400 y 400, lo cual se corrobora con lo dicho por Corpocesar, (2014)

Figura 16

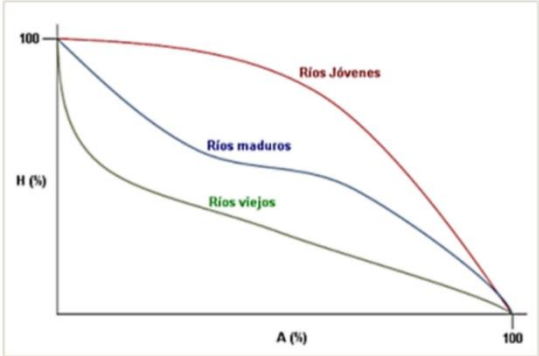
Curva hipsométrica de la cuenca de la quebrada Buturama.



Fuente: Arango (2024)

Figura 17

Curva hipsométrica

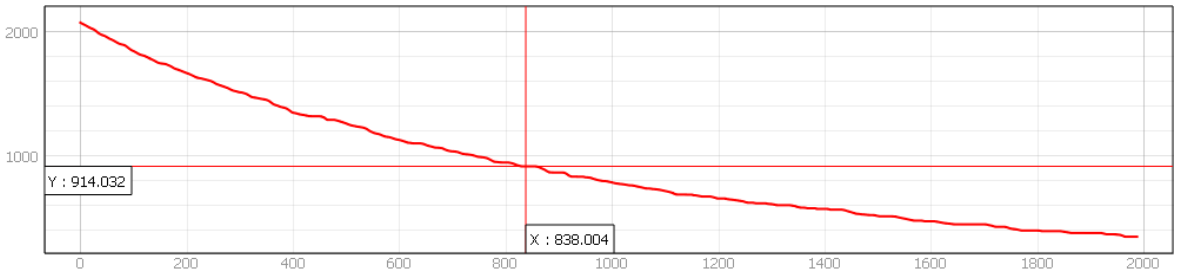


Fuente: Ministerio de ambiente (2024)

La figura 18 denota el curso del cauce principal de la cuenca de la quebrada Buturama alta, mostrando como varía la elevación a lo largo de su longitud, comprendiendo el comportamiento del flujo del agua, donde desciende rápidamente desde el punto más alto disminuyendo de manera serena hasta el punto más bajo de la zona en estudio, donde posiblemente se presenten alta torrencialidad como lo ratifica Corpocesar, (2014)

Figura 18

Perfil longitudinal



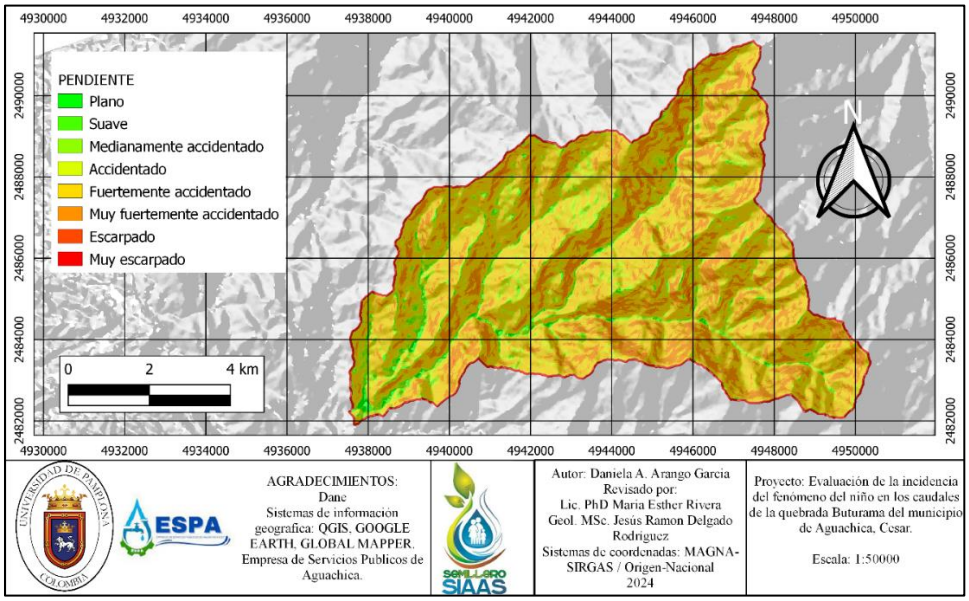
Fuente: Arango (2024)

Las pendientes de la cuenca representan la variación de la inclinación y define el comportamiento del flujo de agua, la posibilidad de que se presente erosión o sedimentación. En la figura 19 se muestra que gran parte de la cuenca se encuentra accidentado a fuertemente

accidentado, indicando que el flujo del agua puede ser un poco acelerado y con una susceptibilidad de deslizamientos según lo manifestado también por Corpocesar, (2014)

Figura 19

Mapa de pendientes de la cuenca de la quebrada Buturama alta.



Fuente: Arango (2024)

Análisis de las variables hidrometeorológicas (Caudal, precipitación, temperatura)

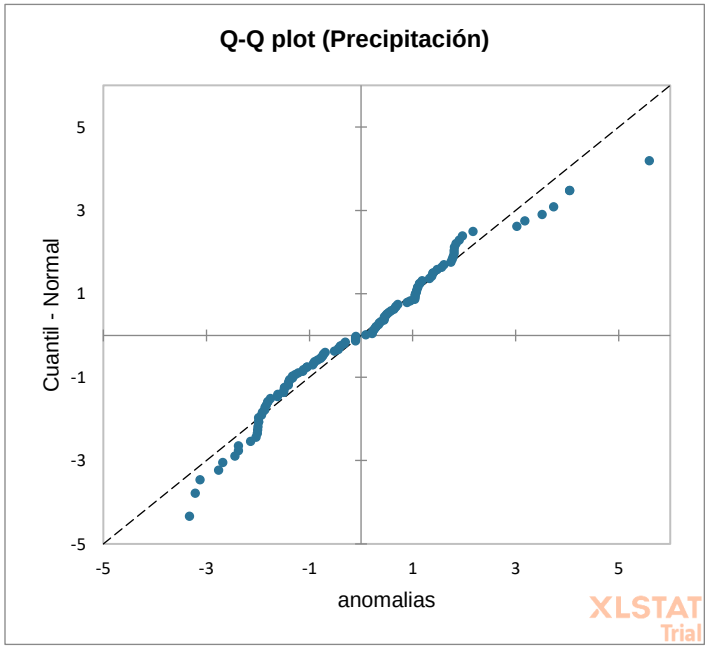
En esta sección se muestra el análisis realizado a las diferentes variables en estudio con las anomalías determinadas de manera previa con el estadístico unilateral del método de grubbs.

En la figura 20 se contempla que los datos del extremo inferior, los cuales hacen referencia a las anomalías presentadas en los primeros meses del año, se desvían de manera significativa, indicando que los eventos de precipitación baja son más frecuentes de lo que se plantea en la distribución teórica; en la parte media del gráfico se observa que los puntos están más cerca de la línea de referencia teórica como una distribución normal y el extremo superior también muestra una desviación significativa, en la figura 21 observándose un comportamiento similar al de precipitación. De igual manera, la figura 22 muestra que los

datos de temperatura media cuentan con pequeñas desviaciones en los extremos, en especial la esquina superior, no obstante, en el centro del gráfico los puntos siguen de manera correcta la línea de referencia teórica, sugiriendo que la distribución de este conjunto de datos es similar a la teórica, pero con algunas discrepancias, para finalmente indicar que la serie de datos de temperatura cuentan con una distribución normal, precipitación y caudales con una distribución no normal, según lo mencionado por Tapia & Flores Cevallos, (2021) con la prueba de Anderson-Darling comprobando si los datos cumplen con una distribución normal, aceptando o rechazando la hipotesis nula.

Figura 20

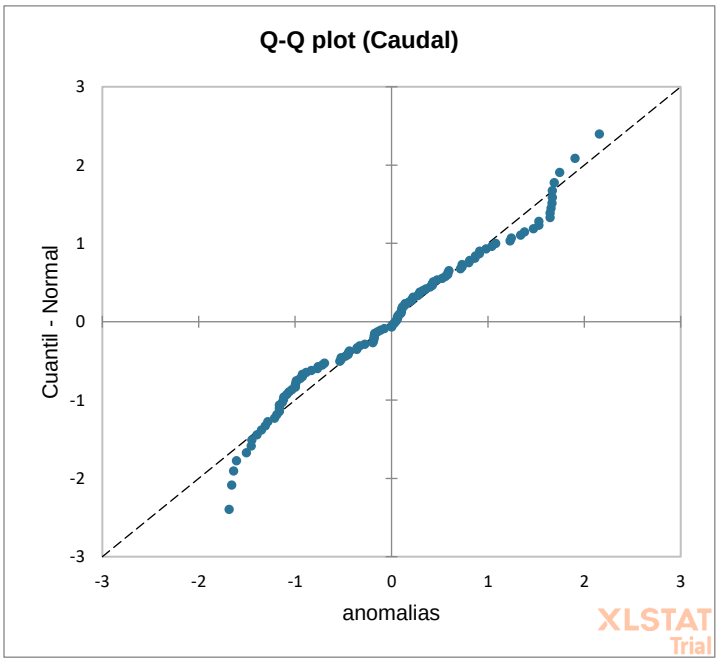
Q-Q Plot de datos mensuales de precipitación.



Fuente: Arango (2024)

Figura 21

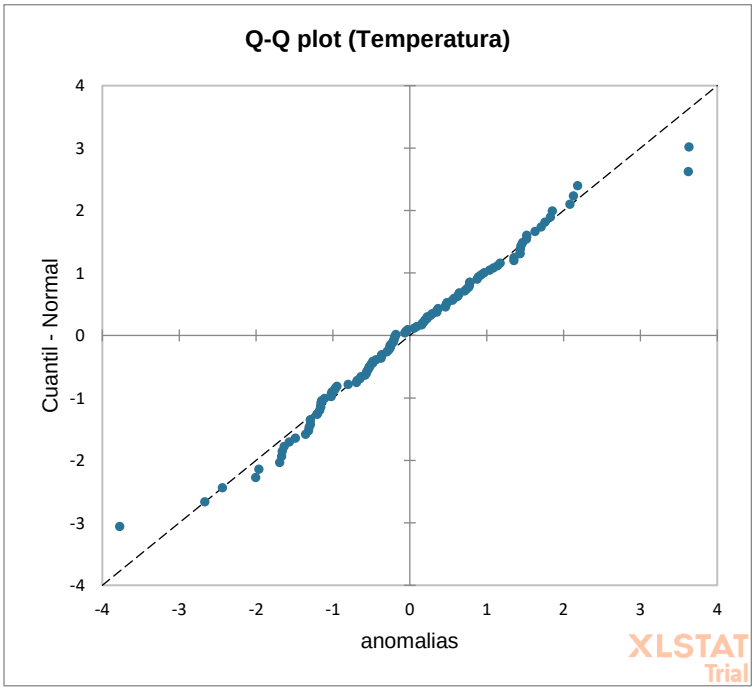
Q-Q Plot de datos mensuales de caudales



Fuente: Arango (2024)

Figura 22

Q-Q Plot de datos medios de temperatura.



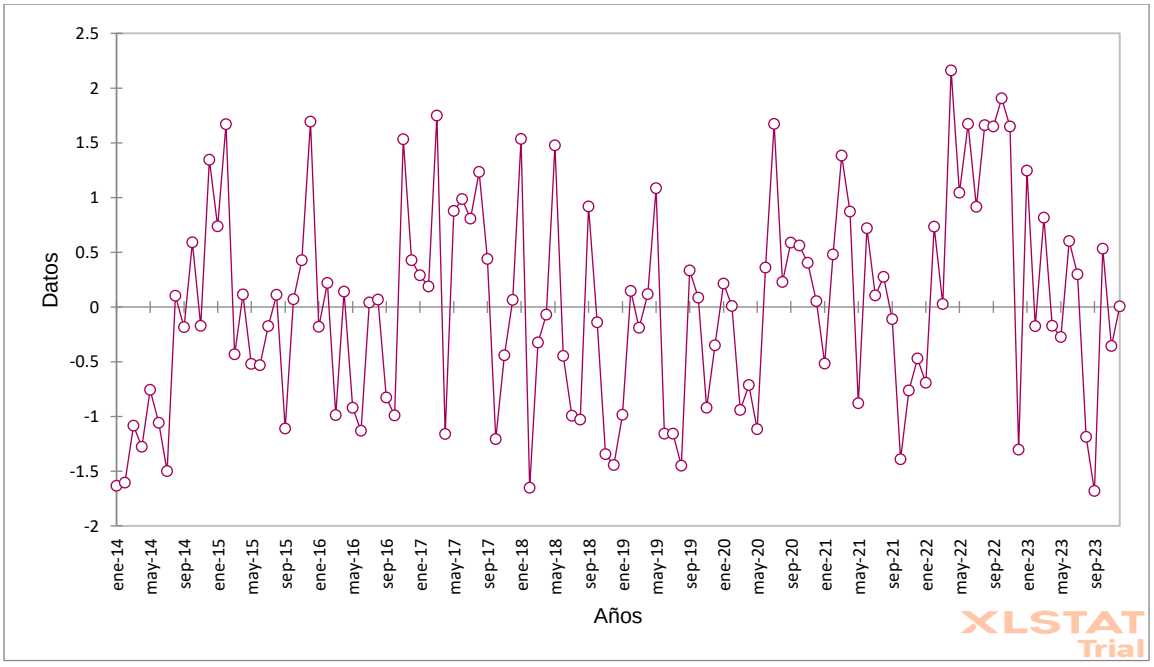
Fuente: Arango (2024)

Se realizó gráficos de serie temporal para observar la evolución de los datos a lo largo del tiempo en las tres variables (precipitación, temperatura y caudal).

Siendo la secuencia presentada en determinados momentos, oscilando alrededor de una media constante en el tiempo, según lo mencionado por John Villavicencio, (2023) y recalcando que los valores negativos observados en las gráficas son debido a las anomalías de la serie de datos, con las cuales se ha decidido llevar a cabo este estudio, en la figura 23 se muestra una estacionalidad en los caudales con una tendencia variada; ilustrando en la figura 24 que la precipitación en el transcurso de la serie temporal cuenta con una tendencia a largo plazo y estacionalidad por los picos presentados de manera periódica en cada uno de los años; en el caso de la temperatura la figura 25 refleja variaciones aleatorias que no siguen un patrón claro.

Figura 23

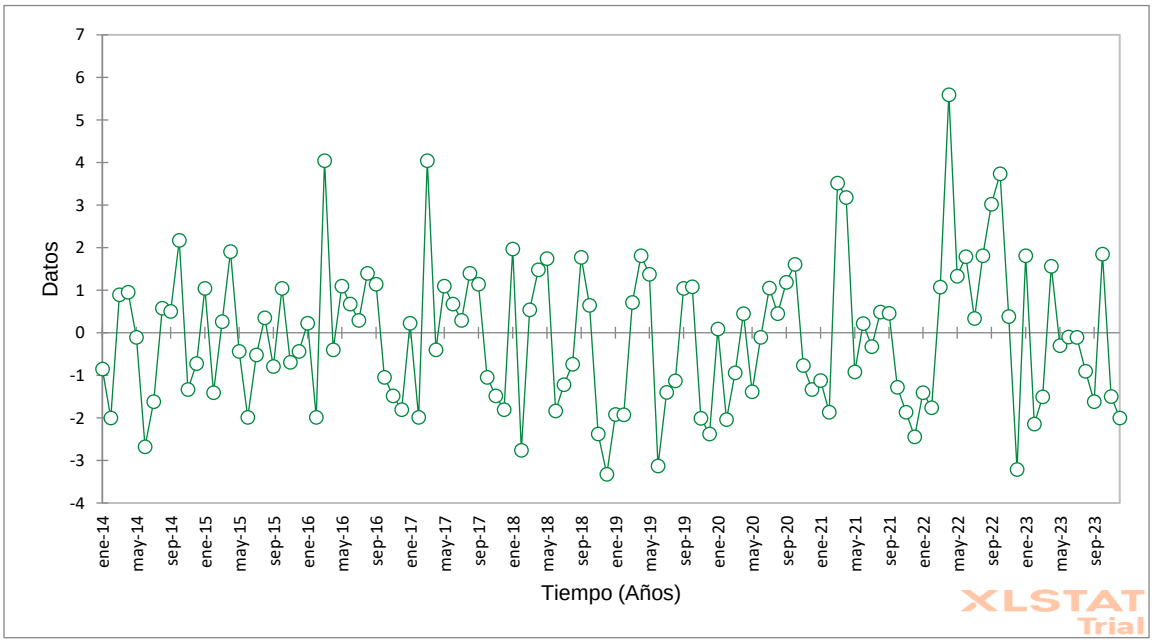
Serie temporal de caudales



Fuente: Arango (2024)

Figura 24

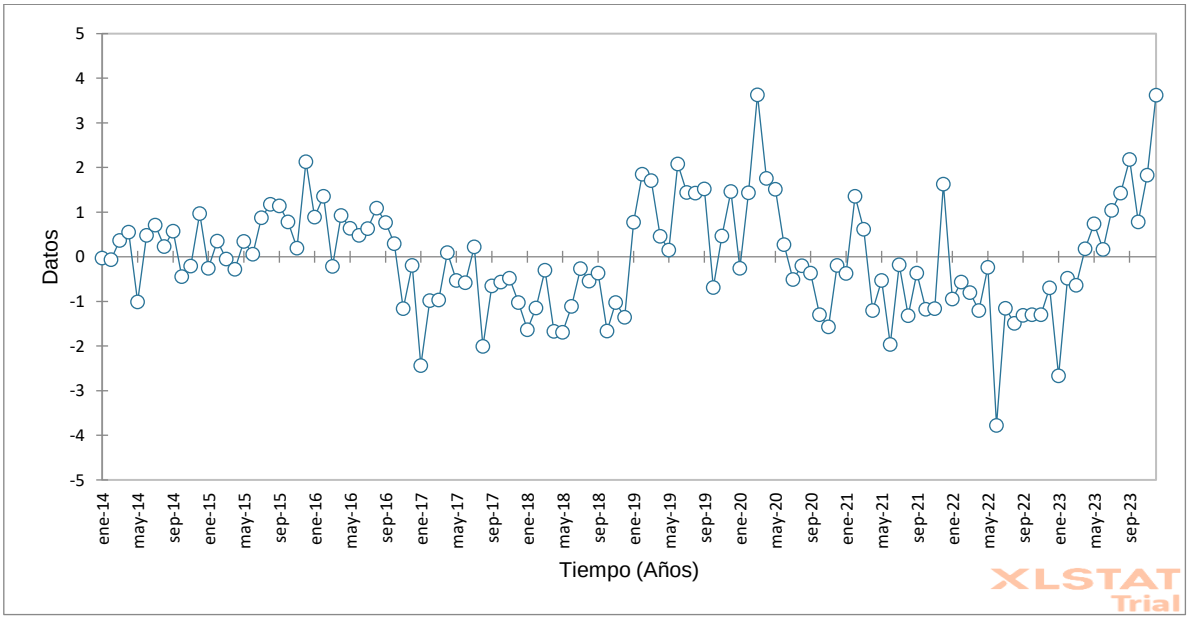
Serie temporal de la precipitación.



Fuente: Arango (2024)

Figura 25

Serie temporal de temperatura



Fuente: Arango (2024)

La tabla 8 comprueba que la serie de datos de la temperatura media, precipitación y caudal son estacionarias en base a la prueba de Phillips-Perron (1988).

Tabla 8

Prueba de estacionaridad Phillips-Perron.

Variable	Phillips-Perron
Temperatura	**<0,0001**
Caudal	**<0.0001**
Precipitación	**<0,0001**

Fuente: Arango (2024)

Sin embargo, se organizaron las series de datos mensuales convirtiéndolas en trimensuales para realizar el proceso de correlación con el índice niño oceánico (ONI) y bimensuales para las correlaciones con el índice ENSO multivariado versión 2 (MEI.v2), donde la temperatura tenía un comportamiento no estacionario, por lo tanto, se les realizo una combinación lineal para estimar el residuo del modelo de regresión para posteriormente implementar la prueba de Phillips- Perron (1988) donde de acuerdo a lo descrito por cerón & pérez pacheco, (2019) se realizó con el fin de verificar si existe una cointegración entre las variables con los índices, por medio de la presencia o ausencia de una raíz unitaria en la serie. En la tabla 9 se logra comprobar como las variables en las series bimensuales son estacionarias puesto que rechazaron la hipótesis nula, de igual manera que para las series trimensuales en la tabla 10.

Tabla 9

Prueba de estacionariedad bimensuales

Variable	**Phillips-Perron**
Precipitación	**<0,0001**
Temperatura	**0.013**
Caudal	**<0,0001**

Fuente: Arango (2024)

Tabla 10

Prueba de estacionariedad trimensuales

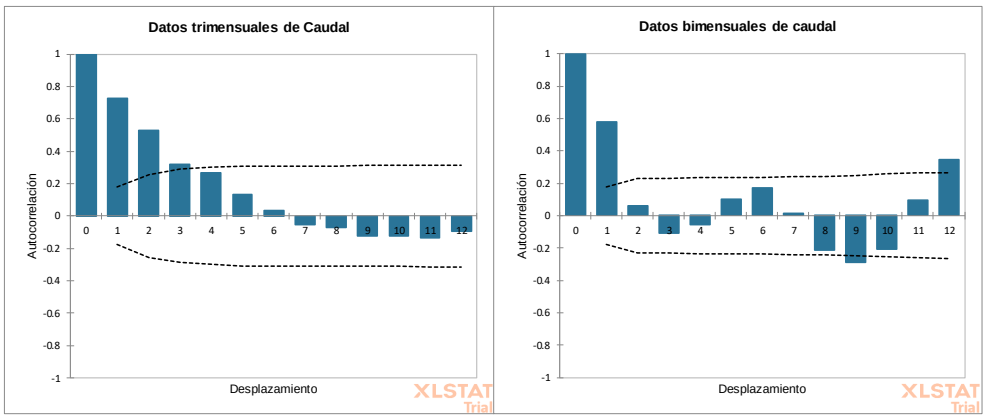
Variable	Phillips-Perron
Precipitación	**0.000**
Temperatura	**0.013**
Caudal	**0.002**

Fuente: Arango (2024)

En la figura 26 por medio de los autocorrelogramas a diferentes Lags se afirma la estacionariedad realizada con la prueba de Phillips-Perron para la serie de datos de caudales, observándose los autocorrelogramas de las variables precipitación y temperatura en el Anexo 3.

Figura 26

Autocorrelogramas del caudal con los índices ONI y MEIv2



Fuente: Arango (2024)

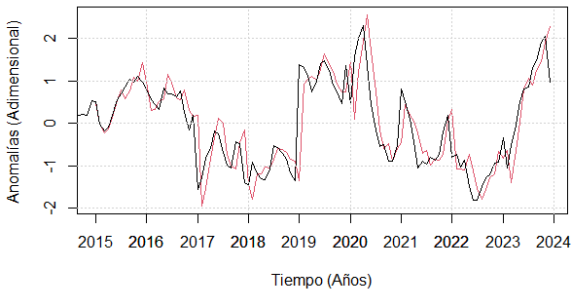
El método Holt-Winters permite pronosticar y suavizar de manera exponencial los datos que considera la tendencia y la estacionalidad, la línea negra de los gráficos son los

datos de las variables y la línea roja son los datos ajustados en el proceso de filtrado de Holt-Winters. (Utel Universidad, 2019)

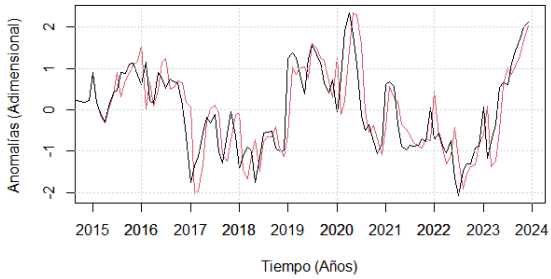
De acuerdo con Valderrama-Balaguera, Castro-Silva, & Dávila Carrillo, (2021) identifcando la tendencia y estacionalidad, en las tres variables plasmadas en las figuras 27, 28 y 29 se observa como el modelo reproduce de buena manera las series de datos, permitiendo proceder a los pronosticos.

Figura 27

Modelo Holt-Winters con los datos de temperatura trimensual



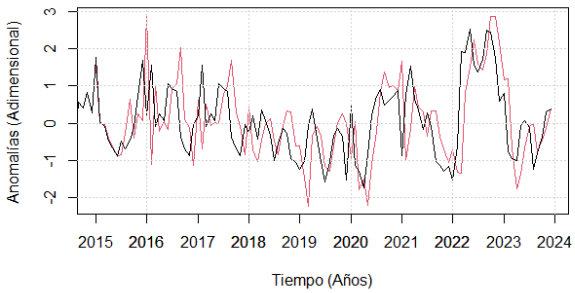
Modelo Holt-Winters con los datos de temperatura bimensual



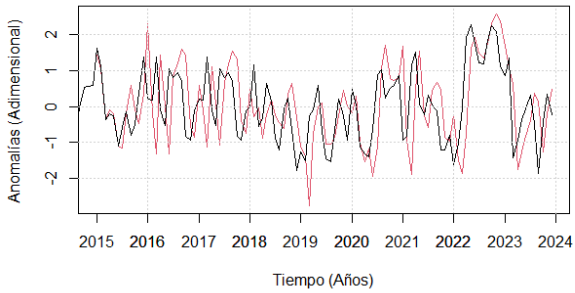
Fuente: Arango (2024)

Figura 28

Modelo Holt-Winters con los datos de precipitación trimensual



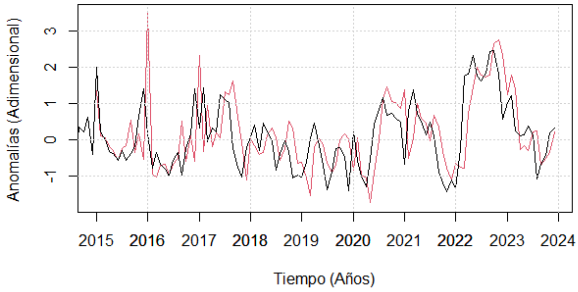
Modelo Holt-Winters con los datos de precipitación bimensual



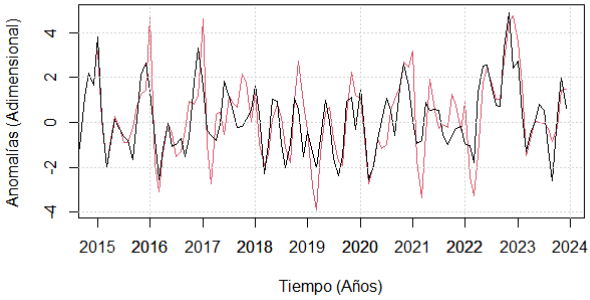
Fuente: Arango (2024)

Figura 29

Modelo Holt-Winters con los datos de caudales trimensual



Modelo Holt-Winters con los datos de caudales bimensual



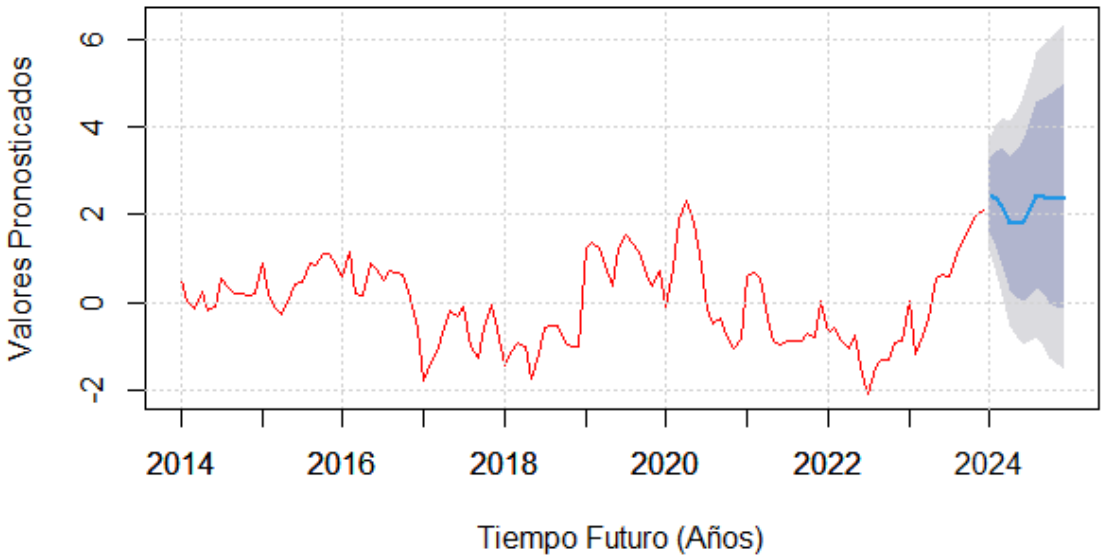
Fuente: Arango (2024)

Desde el punto de vista de Vesga Ferreira, Contreras Higuera, & Vesga Barrera, (2022) se muestra los valores futuros previstos por el modelo de condiciones ambientales, donde muestra los valores predichos para los próximos 12 meses con un rango de confianza por defecto de 95% tal como se muestra en las siguientes figuras.

La figura 30 muestra un pronóstico de continuación en la estacionalidad con una incertidumbre considerable, con unas temperaturas que tienden a disminuir un poco en el transcurso del primer semestre del 2024 para luego elevarse y estabilizarse. En la figura 31 se observa un patrón predictivo similar a los comportamientos históricos, manteniendo el patrón de estacionalidad y la figura 32 se identifica disminuciones y aumentos en el segundo semestre del 2024. Cabe resaltar, los pronósticos de las 3 variables cuentan con intervalos de confianza que tienden a ampliarse hacia el futuro indicando una mayor incertidumbre.

Figura 30

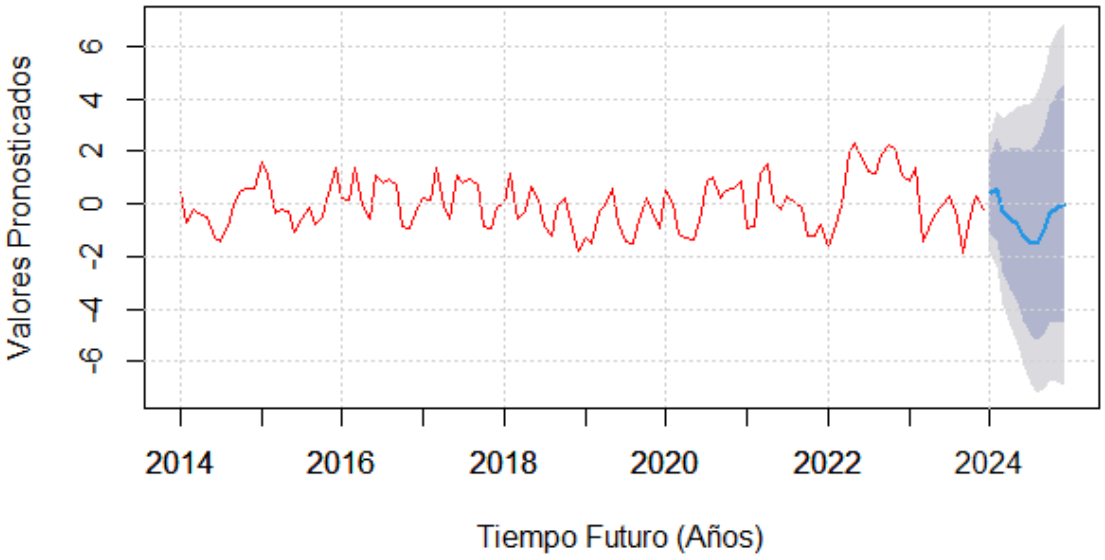
Pronóstico de valores futuros de temperatura.



Fuente: Arango (2024)

Figura 31

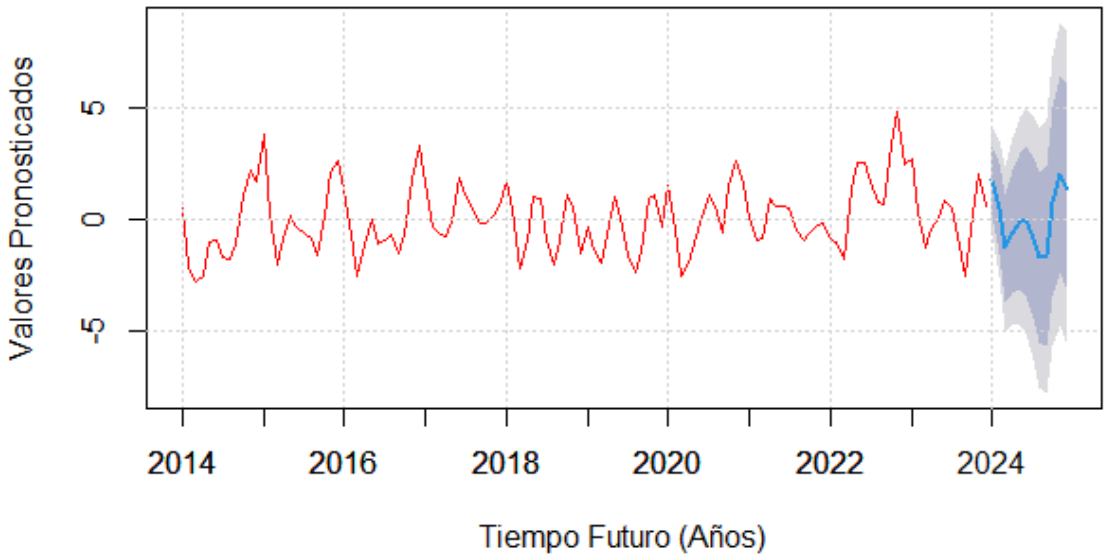
Pronóstico de valores futuros de precipitación.



Fuente: Arango (2024)

Figura 32

Pronóstico de valores futuros de caudales.



Fuente: Arango (2024)

En la tabla 11 se observa una matriz de correlación con valores que varían entre -1 y 1 para las series de datos trimensuales de las variables Precipitación **(Pp)**, Temperatura **(TM)**, Caudal **(Q)** y el Índice Niño Oceánico **(ONI)**. En el cual se asemeja como el ONI cuenta con una correlación positiva con la temperatura, indicando que a medida que el índice macro climático aumenta, la temperatura tiende a aumentar, en el caso de ONI con precipitación y caudal se contempla una correlación negativa enseñando que cuentan con un comportamiento inversamente proporcional.

Para las correlaciones con el índice bimestral multivariado de El Niño/Oscilación del Sur **(MEI V2)** con las mismas variables, con la tabla 12 se analiza un resultado similar al del ONI, teniendo una correlación fuerte positiva con la temperatura y correlaciones negativas con las variables precipitación y caudal las cuales se pueden ver influenciadas por otros aspectos y fenómenos climáticos, observando que las correlaciones de precipitación son bajas, de acuerdo con Giraldo, (2023) el cual menciona que de manera generalizada esta variable presenta bajos coeficientes de correlación con los índices del ENSO en este caso el MEI y el ONI.

Deduciendo una afectación de variabilidad climática por medio de los índices macro climáticos ONI y MEI, que trascienden a la disponibilidad hídrica de la zona de estudio, de acuerdo con Orozco & Carvajal Escobar, (2008) la fase El Niño del fenomeno ENSO tiende a incidir en la disminución de lluvias y caudales, concordando con lo observado en las tablas de correlación, generando posibles sequias, por lo contrario, durante La Niña se presentan comportamientos opuestos, ocurriendo avalanchas y crecidas.

Tabla 11

Correlaciones con el ONI

Variables	Pp	TM	Q	ONI
Pp	**1**	**-0.325**	**0.804**	**-0.218**
TM	**-0.325**	**1**	**-0.422**	**0.623**
Q	**0.804**	**-0.422**	**1**	**-0.269**
ONI	**-0.218**	**0.623**	**-0.269**	**1**

Fuente: Arango (2024)

Tabla 12

Correlaciones con el MEI v2

Variables	TM	Pp	Q	MEI
TM	**1**	**-0.366**	**-0.305**	**0.673**
Pp	**-0.366**	**1**	**0.596**	**-0.283**
Q	**-0.305**	**0.596**	**1**	**-0.238**
MEI	**0.673**	**-0.283**	**-0.238**	**1**

Fuente: Arango (2024)

Se implemento correlaciones cruzadas con el fin de observar el comportamiento y el grado de variación con los índices ONI y MEI, en la tabla 13 se plasma los lags/meses donde se registró el máximo valor de correlación, indicando un comportamiento inversamente proporcional de ambos índices con base al caudal y precipitación, en la figura 33 se observa el diagrama de la variable Caudal **(Q**) con los índices, determinando la posibilidad que a los

5 meses después de la presentación del ONI inicia la variabilidad del caudal y al mes de la presentación del MEI se observa la variación de la variable mencionada. las gráficas de las variables Temperatura **(TM)** y Precipitación **(Pp)** se encuentran en el Anexo 4

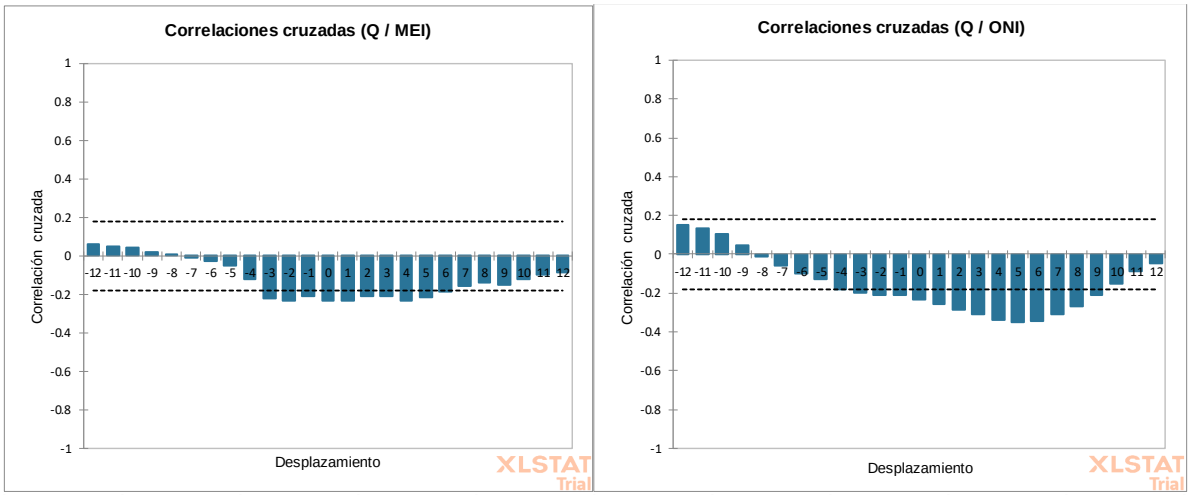
Tabla 13

Correlaciones cruzadas

Variables	Meses/lags	Correlación cruzada ONI	Meses/lags	Correlación cruzada MEI
Q	5	-0.350	1	-0.234
TM	2	0.628	1	0.644
Pp	1	-0.480	-1	-0.304

Fuente: Arango (2024)

Figura 33 Correlaciones cruzadas entre caudal y los índices MEI y ONI



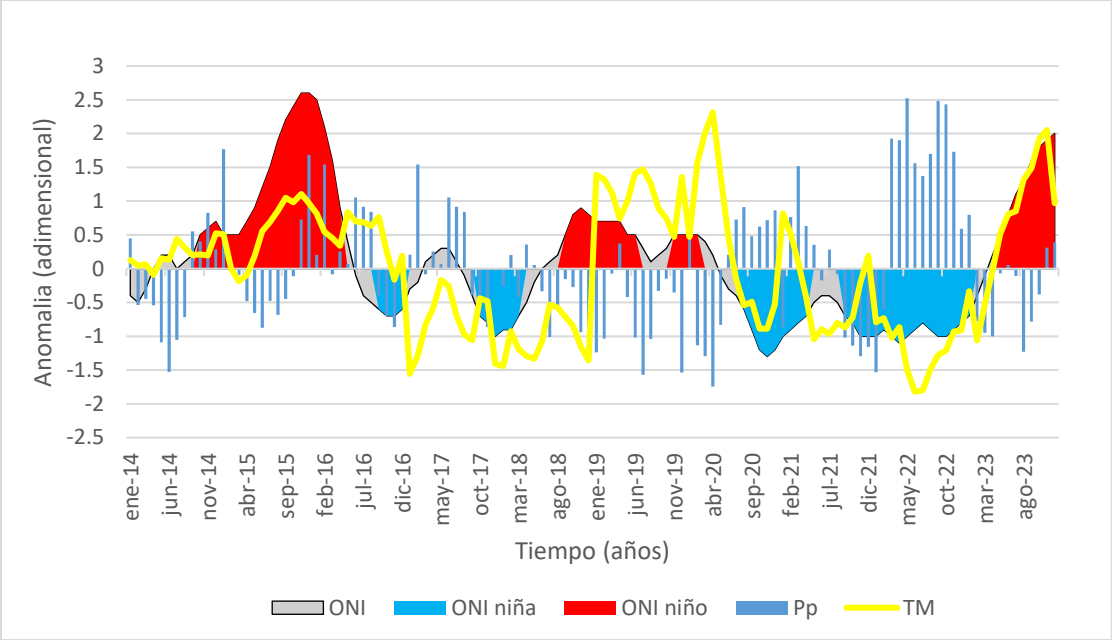
Fuente: Arango (2024)

En la figura 34 se puede apreciar el comportamiento de las variables meteorológicas en el transcurso de los 10 años en estudio en comparación a la presentación de las fases del índice ONI, evidenciando como en el año 2015 se presentó una etapa de sequía influenciada por el fenómeno El Niño, también se evidencia el por qué hay una correlación alta entre el ONI y la temperatura, debido a que esta aumenta durante la presencia de este índice macro climático replicando un poco su comportamiento, en la figura 35 se refleja la afectación de

los caudales cuando se presentan altas temperaturas y durante las fases de El Niño, de la misma manera, su aumento cuando hay disminución de temperaturas y fase de La Niña.

Figura 34

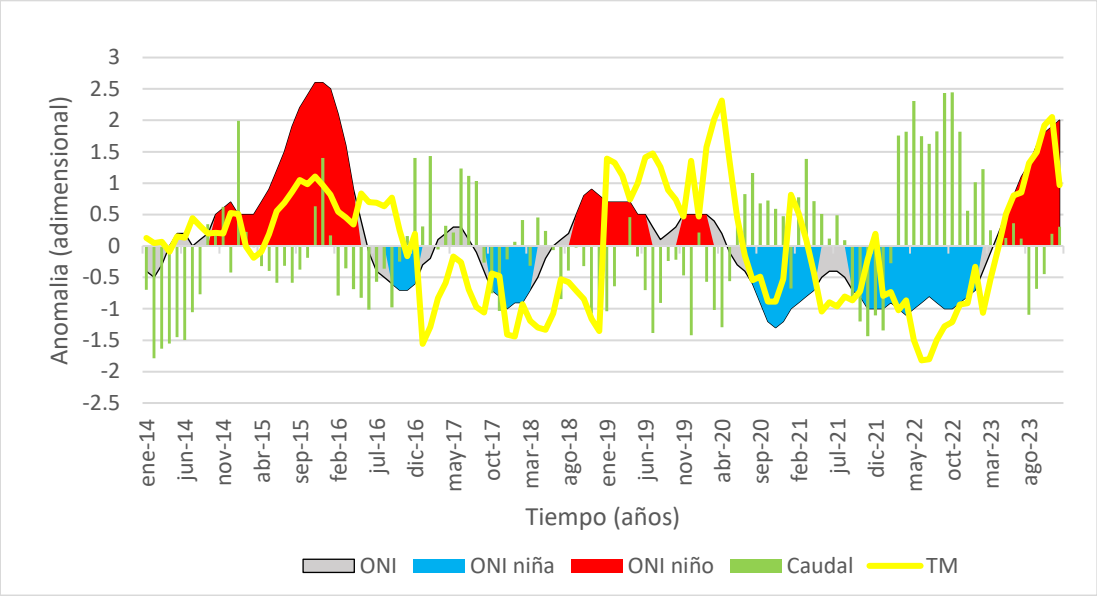
Comportamiento de las variables de anomalías de temperatura (TM) y precipitación (Pp) con las fases del ONI



Fuente: Arango (2024)

Figura 35

Comportamiento de las variables de anomalías temperatura (TM) y caudal (Q) con las fases del ONI

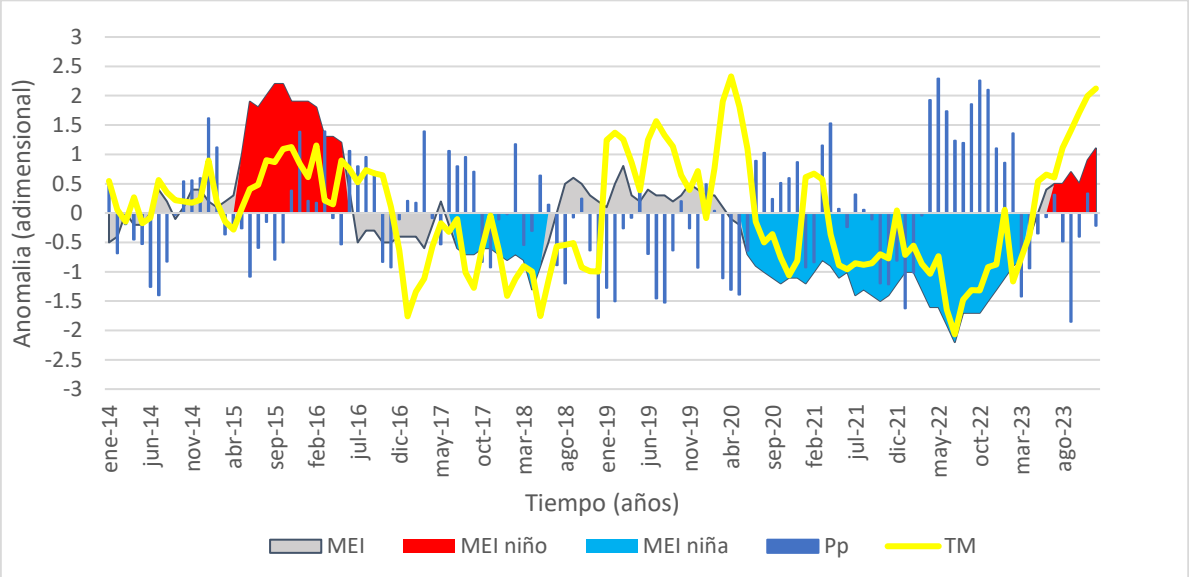


Fuente: Arango (2024)

De igual manera, la figura 36 ofrece una visión de las variables meteorológicas con el índice MEI, donde se evidencia entre el índice macro climático y la temperatura tienen un comportamiento inversamente proporcional con la precipitación, de igual manera, en la figura 37 notando como el caudal cuenta con un comportamiento similar al de la precipitación.

Figura 36

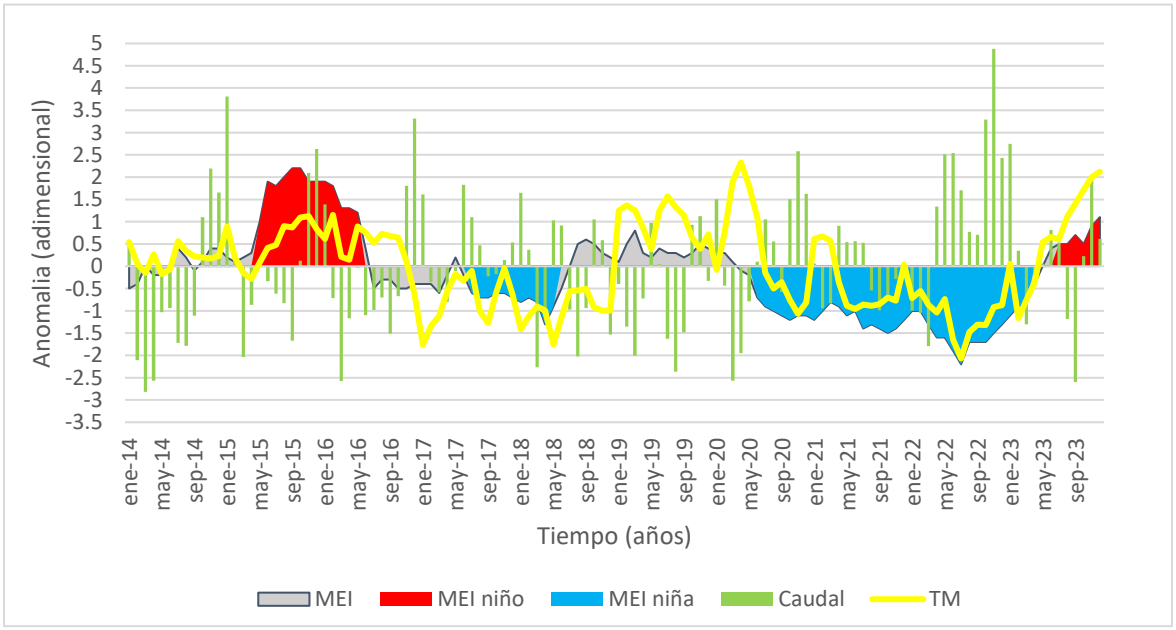
Comportamiento de las variables de anomalías temperatura (TM) y precipitación (Pp) con las fases del MEIv2



Fuente: Arango (2024)

Figura 37

Comportamiento de las variables de anomalías temperatura (TM) y caudal (Q) con las fases del MEIv2

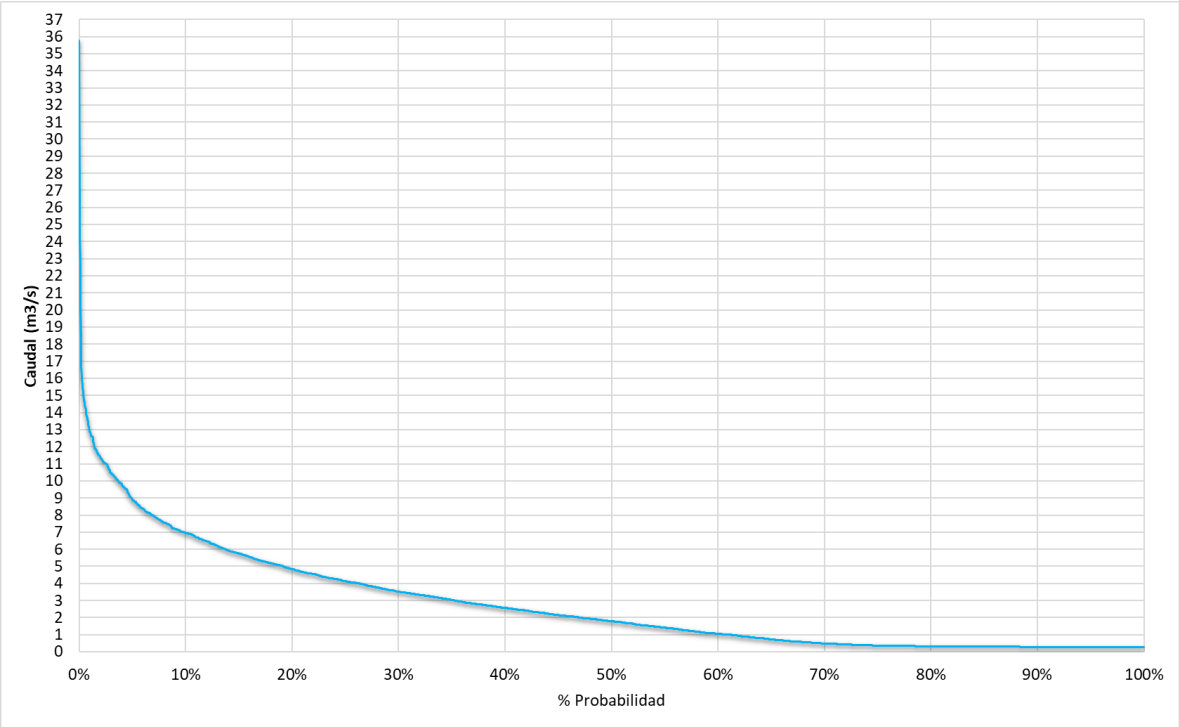


Fuente: Arango (2024)

En la figura 38 se observa la variación del caudal de la quebrada Buturama, donde frecuentemente el caudal tiende a manejar valores moderados a bajos, de igual manera, se contempla caudales altos alcanzando 36 m^3/s con una probabilidad de 10% de ocurrencia, mostrando una continua afectación por parte de la variabilidad climática en los caudales, en especial en temporadas de sequía incidiendo en el suministro de agua.

Figura 38

Curva de duración de caudales

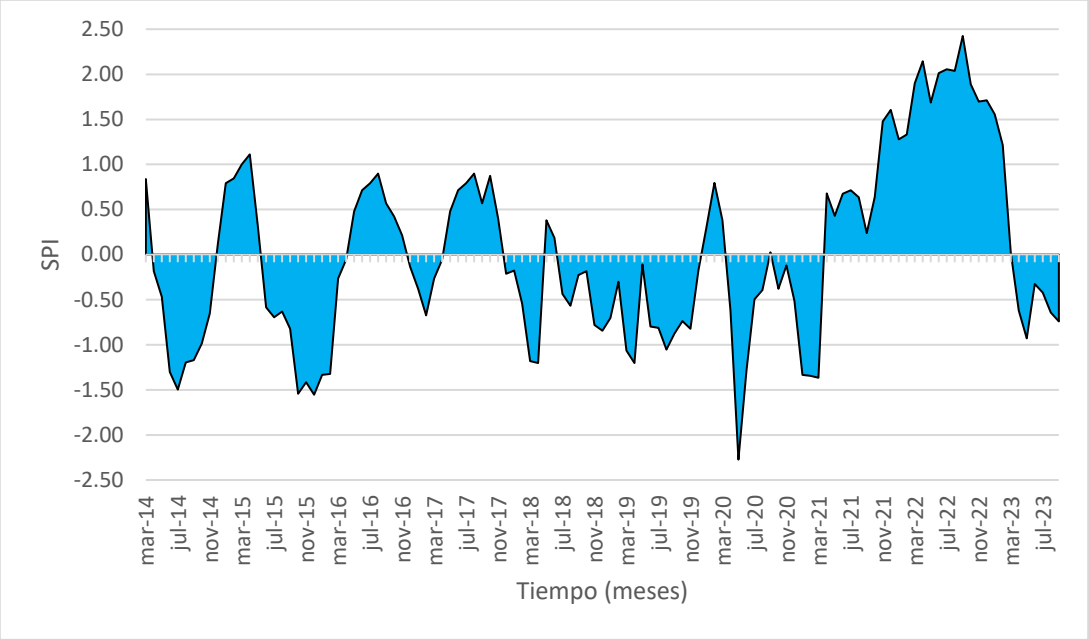


Fuente: Arango (2024)

El Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) plasmado en la figura 39 muestra una variación de -2.0 y 2.5, donde se logra identificar épocas de sequía alternadas con épocas húmedas indicando un patrón cíclico, con variaciones relacionadas con los fenómenos El Niño y La Niña destacando el año 2022 el cual fue uno con abundante precipitación y a finales de 2020 un pico de sequía severa.

Figura 39

Serie temporal del Índice Estandarizado de Precipitación (SPI)

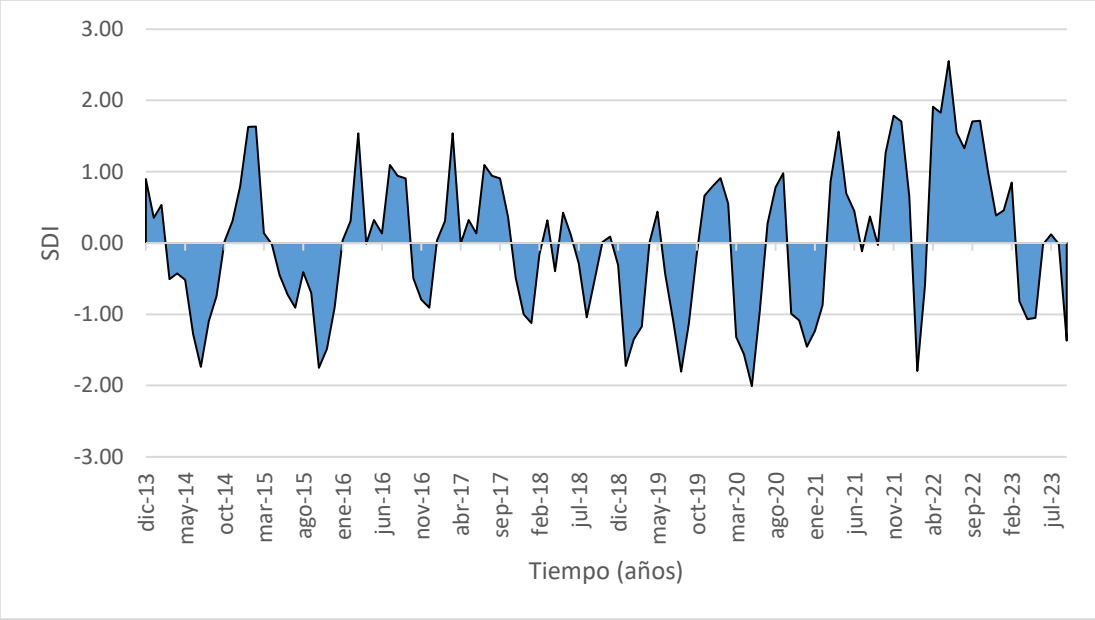


Fuente: Arango (2024)

El Índice de Sequía en Caudales (SDI) representado en la gráfica 40 en un rango de 10 años muestra fluctuaciones posiblemente influenciadas por fenómenos como El Niño y La Niña, al igual que por actividades antropogénicas alterando los patrones hidrológicos, indicando como suele existir sequias en los caudales, dando a entender la necesidad de una gestión continua para poder contar con la disponibilidad del recurso hídrico.

Figura 40

Serie temporal del Índice de Sequía en Caudales (SDI)



Fuente: Arango (2024)

De la tabla 14 y la gráfica 41 se dedujo que en la cuenca de la quebrada Buturama se presenta un clima Bixérico, indicando presencia de periodos secos entre 1 a 8 meses dividido en dos periodos, debido a que la curva pluviométrica disminuye por debajo de la térmica en dos tramos del diagrama, observando como los meses de septiembre a noviembre son los que usualmente cuentan con mayor humedad, predominando la aridez en el resto de los meses del año.

Tabla 14

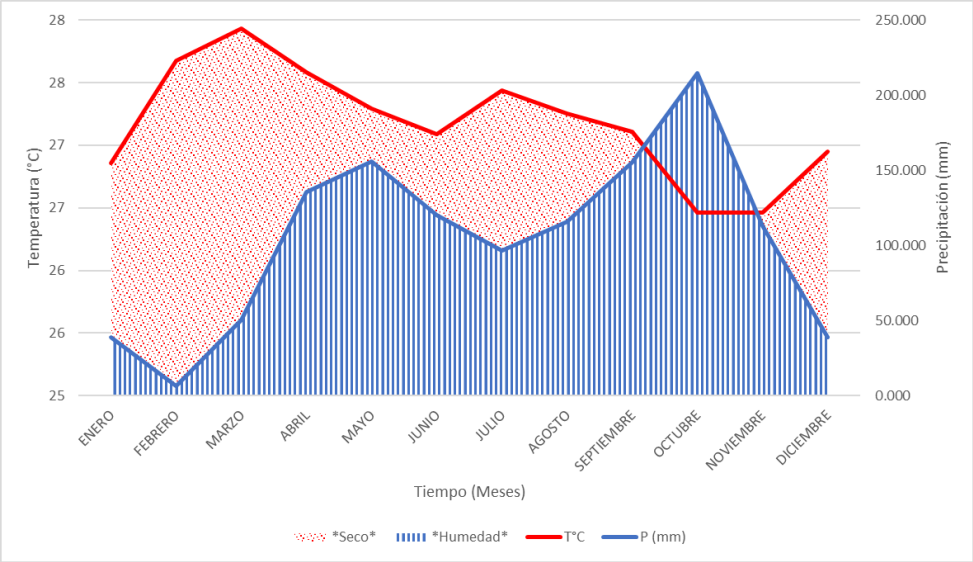
Clasificación del clima según la aridez

Axérico		Ningún mes seco
Xérico	Áridos	Periodo seco mayor de 9 meses
	Mediterráneo	Periodo seco: 1 a 8 meses. Coincidiendo con la estación cálida de días más largos
	Tropical	Periodo seco: 1 a 8 meses. Coincidiendo con la estación cálida de días más cortos
Bixérico		Periodo seco de 1 a 8 meses, sumando dos periodos diferenciados de sequía

Fuente: Rodriguez, (2017)

Figura 41

Diagrama Ombrotérmico de la cuenca de la quebrada Buturama, Aguachica, Cesar

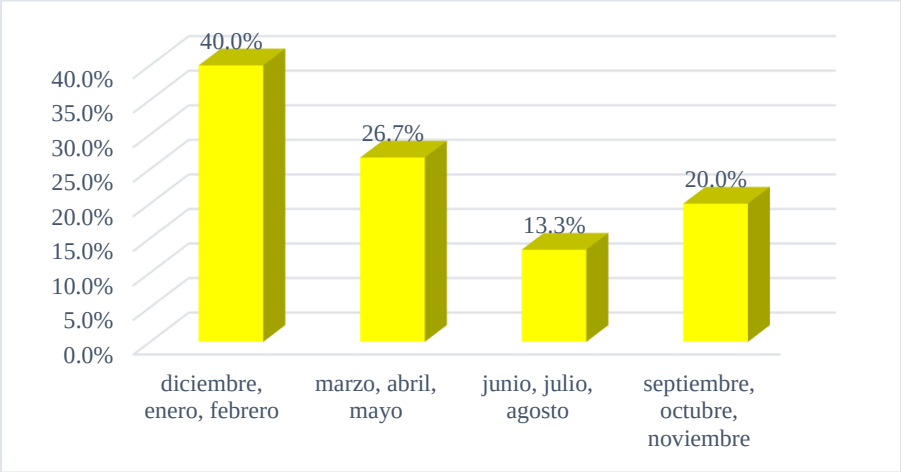


Fuente: Arango (2024)

A partir de los resultados de la encuesta realizada, anexo 5, se resalta que la comunidad expresa verse más afectados por sequía en los meses de diciembre, enero y febrero, figura 42. Sin embargo, en los demás meses del año se reportan temporadas de bajo caudal.

Figura 42

¿en qué meses considera que se ve más afectado por la sequía?



Fuente: Arango (2024)

Por otro lado, se determinó que la mayor afectación en temporadas de sequía en gran parte es la poca disponibilidad hídrica para el abastecimiento y la afectación en los cultivos, como se muestra en la figura 43 generando una desestabilidad en una de las principales fuentes económicas de la comunidad en la zona de estudio.

Figura 43

¿En qué considera que se ve más afectado por la sequía?

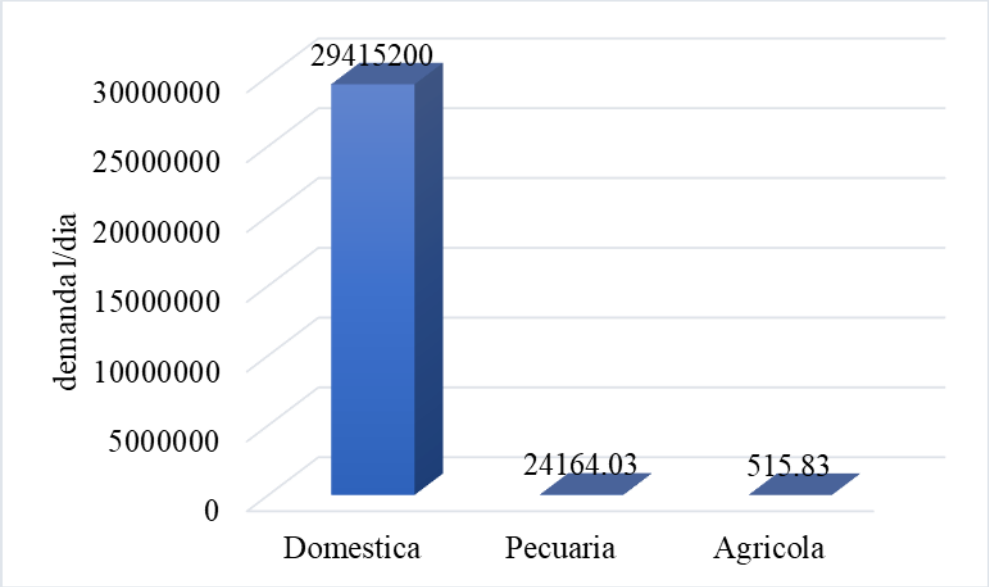


Fuente: Arango (2024)

En la figura 44 se observa que el sector doméstico es el que más demanda, siendo el agrícola y pecuarios sectores demandantes a menor escala, concordado con lo expresado en la figura anterior, cabe resaltar que se tiene presente la zona rural perteneciente a la zona de estudio y el agua captada por parte de la E.S.P.A. abastecedora de agua potable al municipio de Aguachica, Cesar.

Figura 44

Demanda sectorial

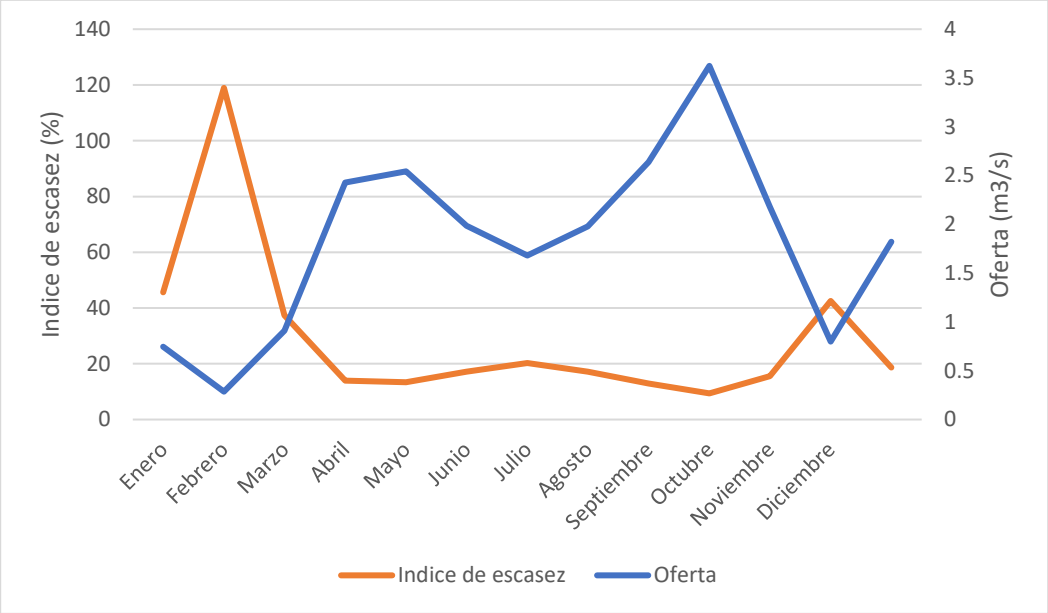


Fuente: Arango (2024)

Con base a lo planteado por la Ministra de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, (2004) La oferta producida por la quebrada Buturama de manera mensual multianual se observa en la figura 45 en relación al índice de escasez, donde se determinó que el mes de febrero suele tener menor oferta y un índice de escasez alto. determinando una disponibilidad hídrica critica, por lo contrario, es octubre el mes que suele tener menor índice de escasez y mayor oferta.

Figura 45

Oferta e índice de escasez



Fuente: Arango (2024)

Formulación o planteamiento de soluciones para la mejora del plan de contingencia de la zona en estudio.

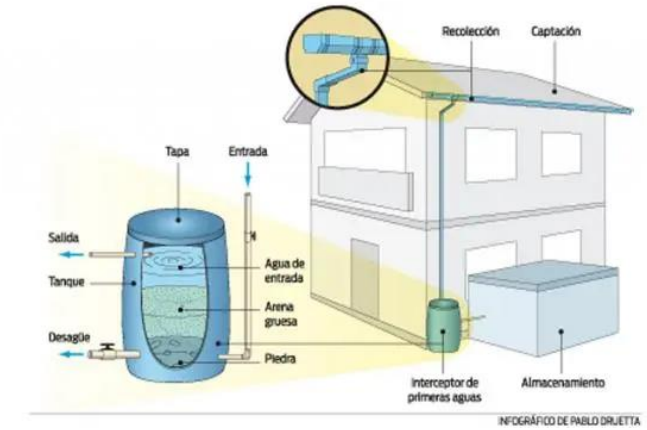
En base a la información obtenida en las etapas anteriores, donde se determina una posible afectación significativa en los caudales, precipitación y temperatura por el fenómeno ENOS, generando un impacto en la gestión del recurso hídrico, por lo tanto, se planifico a continuación propuestas como posibles soluciones para mejora del plan de contingencia, considerando los pronósticos de ocurrencia de este.

1. **Sistemas de captación de aguas pluviales**

La captación de aguas pluviales ha facilitado el acceso al agua en zonas donde no hay sistemas de acueducto, principalmente de zonas rurales, permitiendo ser una opción de abastecimiento viable, en especial para el uso del sector agricultor y pecuario.

Se plantea la implementación de sistemas de recolección de lluvias, tal como lo expresa el Ministerio de Agricultura, (2021) adaptando cubiertas en los techos con el objetivo de hacer la captación, transportándolas por canales o tuberías, y depositándolas en tanques donde se les puede practicar un proceso de filtración y finalmente transportarla a tanques de almacenamiento como se observa en la figura 46, incitando a la incorporación de uso eficiente y ahorro de agua.

Figura 46 Captación de aguas pluviales



Fuente: Innova Solutions, (2024)

2. Capacitaciones de uso eficiente y manejo del recurso hídrico.

Brindar capacitaciones de uso eficiente y ahorro de agua por entidades como lo es el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) por medio de convenios como se observa en la figura 47, generando mayor conocimiento en la población afectada, permitiendo guiar para la implementación de acciones y actividades con el uso eficiente y ahorro del agua, adoptando hábitos que permitan la reducción de la demanda promoviendo herramientas de gestión integral para el uso del recuro hídrico

Figura 47 Educación ambiental



Fuente: Arango, (2024)

3. Monitoreo

Para detectar y prevenir afectaciones por la presencia del fenómeno ENOS, es fundamental sistemas de monitoreo constantes por medio de estaciones automáticas, figura 48, permitiendo pronosticar el comportamiento climático y así, establecer acciones preventivas de eventos que puedan afectar a la población, tal como lo plantea Fundación Natura, (2018) teniendo presente los lineamientos nacionales de monitoreo climático del IDEAM, permitiendo registrar información de variables como la temperatura, precipitación, humedad relativa, evaporación del agua, radiación solar, velocidad, dirección del viento y evotranspiración.

Figura 48 Estaciones de monitoreo



Fuente: Fundación Natura, (2018)

Conclusiones

La cuenca de la quebrada Buturama cuenta con un tiempo de concentración rápido, indicando una alta capacidad de evacuar caudales rápidamente en temporadas de lluvias, esto debido a las características físicas y morfométricas, lo cual genera suspensiones seguidas por el arrastre de sedimentos.

Los factores que influyen en el comportamiento hídrico de la cuenca de la quebrada Buturama son principalmente, las variaciones anuales influenciadas por El Niño en la precipitación y temperatura, puesto que, durante las temporadas secas los caudales descienden a niveles muy bajos, de tal manera, que la totalidad del caudal es captado por la empresa de servicios públicos de Aguachica, por lo tanto, no hay caudal ecológico.

Por medio de las correlaciones implementadas con los índices macro climáticos se determinó una afectación de manera significativa con las variables meteorológicas como la precipitación y temperatura, generando en la fase cálida un comportamiento con disminución considerable de precipitaciones y caudal, generando sequias y bajo abastecimiento a la población, en el caso de la fase fría se generan fuertes crecidas donde se genera afectación en la movilización de la comunidad y abastecimiento debido a la alta turbiedad presentada.

Finalmente, se concluyó la importancia de soluciones alternas para el abastecimiento a la comunidad rural, en épocas donde la captación de manera directa al cauce no se pueda realizar, recomendando proyectos como la captación de aguas lluvias con capacitaciones a la comunidad de tal manera que se amplie el conocimiento de almacenamiento y potabilización sencilla para beneficio de la zona rural.

Recomendaciones

Donde el almacenamiento es el primordial enfoque en la comunidad que habita de manera dispersa la cuenca de la quebrada Buturama, viéndose afectados por La niña y El Niño tanto por escasez y la turbiedad del agua, por lo tanto, se plantean recomendaciones dentro del margen de acciones planteado por el ministerio de agricultura.

La implementación de actividades de inspección de la cuenca con recorridos semanales o con la implementación de drones para la observación de taponamientos que afecten el recorrido natural del cauce, al igual que charlas donde se promueva la educación ambiental e involucrando a la comunidad en la toma de decisiones para el planteamiento de medidas que permitan afrontar la presencia de El Niño y La Niña, así se comprenderá sus necesidades determinando acciones efectivas y sostenibles.

Se recomienda la gestión de instalaciones de estaciones hidrometeorológicas para la obtención de datos que permitan el desarrollo de estudios investigativos en pro de la cuenca permitiendo avanzar y llenar vacíos de información existentes, de igual manera, se recomienda iniciar con estudios que determinen la posibilidad de captar agua de otra fuente hídrica, debido a que a mediano o largo plazo existe la posibilidad que la cuenca de la quebrada Buturama no proporcione el suficiente recurso para cubrir la demanda.

De igual manera, la comunidad se le recomienda acciones como la programación de ciclos de siembra, reduciendo la probabilidad de afectación en los cultivos e implementación de sistemas de riego por goteo y microaspersión, teniendo presente buenas prácticas agrícolas y pecuarias.

Referencias

Ayala García, J., & Dall'erba, S. (6 de septiembre de 2021). *Banco de la republica | Colombia.* Obtenido de https://investiga.banrep.gov.co/es/content/el-impacto-de-la-inversion-en-prevencion-sobre-los-desastres-naturales-0

Cerón, W., Carvajal Escobar, Y., & Baquero Montoya, O. (2015). *Índice estandarizado de precipitación (SPI) para la caracterización de sequías meteorológicas en la cuenca del río Dagua-Colombia.* Obtenido de Estudios geográficos : https://estudiosgeograficos.revistas.csic.es/index.php/estudiosgeograficos/article/view/463

Fajardo Barreto, G., & Franco Ovalle, J. (Junio de 2004). *Análisis estadístico de la relación del fenómeno ENOS El niño oscilación sur en las variables hidrometeorológicas de caudal y temperatura en la cuenca alta del Río Magdalena.* Obtenido de Universidad de La Salle.

FLOREZ AVILA, A., & TORRES SALGUERO, L. (2022). *ANÁLISIS DE CORRELACIÓN DE ÍNDICES MACROCLIMATICOS DEL FENÓMENO DEL NIÑO Y LA NIÑA CON RESPECTO A LA PRECIPITACIÓN EN LA REGION ANDINA COLOMBIANA.* Obtenido de UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA.

Vesga Ferreira, J., Contreras Higuera, M., & Vesga Barrera, J. (2022). *Uso del Modelo de Holt-Winters como estrategia para la predicción de condiciones ambientales durante el proceso de almacenamiento del Cacao.* Obtenido de Universidad EIA, Envigado, Colombia.

Acevedo Amorocho , Alejandro; Restrepo Sierra, Luis Hernando; Alvernia Verjel , Hector Camilo; Ortega Santiago, Yina Paola; Lozano Rivera, Dagoberto ; Chávez Galvis, Jacqueline; Chía Suarez, Maria Ana Martina;. (2022). *LA OFERTA Y DEMANDA DE AGUA POTABLE EN EL MUNICIPIO DE AGUACHICA CESAR.* Obtenido de Editoria ATENA.

Araujo Suarez, T. C., & Rivera , M. (2021). *ÍNDICES DE SEQUÍA PARA LA CUENCA DEL RIO CESAR – COLOMBIA.* Obtenido de REVISTA AMBIENTAL AGUA, AIRE Y SUELO.

Burgers, G., & Stephenson, D. (1999). *El "Normalidad" de El Niño.* Obtenido de American Meteorological Society: https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1029/1999GL900161

Cardona, B. L. (2016). *Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas.* Obtenido de Universidad de San Carlos de Guatemala: http://www.repositorio.usac.edu.gt/4482/1/Conceptos%20b%C3%A1sicos%20de%20Morfometr%C3%ADa%20de%20Cuencas%20Hidrogr%C3%A1ficas.pdf

Castillo Gutiérrez, S., & Lozano Aguilera, E. D. (2007). *Q-Q Plot Normal. Los puntos de posición gráfica.* Obtenido de Departamento de Estad´ıstica e Investigaci´on Operativa: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/festeban,+2a9%20(1).pdf

CERÓN, L. A., & PÉREZ PACHECO, C. (2019). *ESTUDIO COMPARATIVO DE LA HIPOTESIS DE EFICIENCIA EN MERCADOS EMERGENTES.* Obtenido de 6to Simposio Internacional de Investigación en Ciencias Económicas, Administrativas y Contables - Sociedad y Desarrollo: https://www.unilibre.edu.co/bogota/pdfs/2019/6tosimposio/ponencias-docentes/22d.pdf

comité de emergencia y contingencia de la E.S.P.A. (Julio de 2021). *PLAN DE EMERGENCIA Y CONTINGENCIA DE LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO PÚBLICO DE ACUEDUCTO DE LA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE AGUACHICA E.S.P.* Obtenido de comité de emergencia y contingencia de la E.S.P.A.

Corpocesar . (16 de Diciembre de 2014). *Formulación del Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca Hidrográfica de la Quebrada Buturama - Quebrada Guaduas y Desarrollo de un proceso de Organización, Promoción, Capacitación y Difusión a nivel institucional y de las comunidades para la ge.* Obtenido de

RESUMEN EJECUTIVO: https://www.corpocesar.gov.co/files/RESUMEN%20EJECUTIVO-Buturama.pdf

Corpocesar . (14 de Octubre de 2014). *Formulación del Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca Hidrográfica de la Quebrada Buturama - Quebrada Guaduas y Desarrollo de un proceso de Organización, Promoción, Capacitación y Difusión a nivel institucional y de las comunidades para la ge.* Obtenido de Fase diagnostico : https://www.corpocesar.gov.co/files/Informe%20Diagnostico-Buturama.pdf

Cuellar, J. L. (2021). *Modelos multivariados* . Obtenido de Rpubs: https://rpubs.com/JessicaCuellar/843574

DATAtab. (2024). *Análisis de correlación.* Obtenido de DATAtab: https://datatab.es/tutorial/correlation

Delgado, I. A. (2019). *Predicción de precipitaciones con dispositivos iot mediante técnicas de análisis de series temporales.* Obtenido de Universidad Politecnica de Madrid: https://oa.upm.es/56731/1/TFG_IRENE_ARROYO_DELGADO.pdf

Díaz Barriga Arroyo, U., López Corzo, R., Ortiz Aguilar, T., Torres Miranda, I., & Galván Vargas, E. (2019). *Análisis del índice de sequía en caudales (SDI) empleando escurrimiento natural en la cuenca mexicana del río Lerma.* Obtenido de Aqua-LAC Volumen 11: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Vol+11_2_2.+pag.+17-28.pdf

E. R. Hajek & F. di Castri. (1975). *Universidad Católica de Chile.* Obtenido de BIOCLIMATOGRAFIA DE CHILE: https://www.grn.cl/bioclimatografia_de_chile.pdf

Fernández, J. G. (2016). *¿Podemos predecir la variación de la turbidez en los ríos?* Obtenido de Océano ecimat: https://oceanoecimat.wordpress.com/2016/12/16/podemos-predecir-la-variacion-de-la-turbidez-en-los-rios/

Flores Tapia, C., & Flores Cevallos , K. (2021). *PRUEBAS PARA COMPROBAR LA NORMALIDAD DE DATOS EN PROCESOS PRODUCTIVOS: ANDERSON-DARLING, RYAN-JOINER, SHAPIRO-WILK Y KOLMOGÓROV-SMIRNOV.*

Obtenido de Universidad de Panamá: http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/341/3412237018/html/index.html

Función pública . (26 de mayo de 2015). *Función pública gestor normativo* . Obtenido de Colombia potencial de la vida: https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153

Función Pública. (29 de noviembre de 1993). *Colombia potencial de la vida* . Obtenido de función pública : https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=300

Fundación Natura. (2018). *Fundación Natura.* Obtenido de https://natura.org.co/estaciones-meteorologicas-hacen-mas-eficaz-monitoreo-climatico-santander/

G. Göransson, M. Larson , & D. Bendz. (2013). *Variación de la turbidez con la precipitación y el caudal en un sistema fluvial regulado: río Göta Älv, suroeste de Suecia.* Obtenido de European Geosciences Union: https://hess.copernicus.org/articles/17/2529/2013/

Gaspari, F., Rodríguez Vagaría, A., Senisterra , G., Denegri, G., Delgado , M., & Besteiro, S. (2012). *Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina.* Obtenido de AUGMDOMUS: https://revistas.unlp.edu.ar/domus/article/view/476/505

Giraldo, G. W. (2023). *Impacto de la Variabilidad Climática en la Producción de Banano en el Urabá Antioqueño.* Obtenido de Tesis de maestria: https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/8111/200720438.2011.Capitulos_10-12.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Gobernación del departamento del Cesar . (2020). *Plan Departamental de Gestión del Riesgo.* Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Plan_Departamental_Cesar.pdf

Gobierno de Colombia. (2020). *Análisis de las lecciones aprendidas de las actuaciones de intervenciones insitucionales frente al fenómeno "El niño" 2018 - 2019.* Obtenido de https://www.corpocesar.gov.co/files/Documento_lecciones_aprendidas_fenoemeno_el_nino%20_%20MADS.pdf

IDEAM. (2022). *PREDICCIÓN DE LLUVIAS EN EL PAÍS Y SEGUIMIENTO CONDICIONES FENÓMENO LA NIÑA.* Obtenido de El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam): https://www.corpocesar.gov.co/files/COMUNICADO%20ESPECIAL%20No.%2093%20PREDICCION%20CLIM%C3%81TICA%20AGOSTO%20Y%20SEGUIMIENTO%20LA%20NI%C3%91A_15082022.pdf

IDEAM. (2024). *Variabilidad climatica* . Obtenido de IDEAM: http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/variabilidad-climatica

IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales; UNAL, Universidad Nacional de Colombia;. (2024). *LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO EN COLOMBIA.* Obtenido de https://www.andi.com.co/Uploads/variabilidad.pdf

Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria. (2011). *Efectos del cambio climático en la costa.* Obtenido de DINÁMICAS, TENDENCIAS: https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/dinamicas_tendencias_y_variabilidad_climatica_y_el_caribe.pdf

Jimenez, E., Medina, L., Sánchez, B., & Vásquez, J. (2011). *Escuela Superior Politécnica del Litoral.* Obtenido de Duagnostico de los suelos de la cuenca hidrografica del rio Valdivia: https://core.ac.uk/download/12405943.pdf

Jimenez, K. R. (2022). *Ciencia de Datos para Ciencias Naturales.* Obtenido de Capitulo 8: https://bookdown.org/keilor_rojas/CienciaDatos/an%C3%A1lisis-de-series-de-tiempo.html

Laboratorio de ciencias físicas NOAA. (2024). *Índice ENSO multivariado Versión 2 (MEI.v2).* Obtenido de Laboratorio de ciencias físicas NOAA: https://psl.noaa.gov/enso/mei/

Márquez Pérez, C. I., Manjarrés, G. U., Peña López, D. F., Caicedo Rubiano, I. H., Cuevas Marín, A., Fernández, C. C., . . . Moreno A., M. (2016). *UNIDAD NACIONAL PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES.* Obtenido de Fenomeno El niño.

MinAgricultura. (2021). *Agronet* . Obtenido de MinAgricultura: https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Sepa-cu%C3%A1les-son-los-mejores-sistemas-de-recolecci%C3%B3n-de-aguas-lluvias-para-riego.aspx

Minambiente. (17 de mayo de 2013). *Minambiente* . Obtenido de https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/negocios-verdes-y-sostenibles/instrumentos-economicos/decreto-953-del-17-de-mayo-de-2013

Ministerio de ambiente. (2024). *Capítulo 7 morfometria.* Obtenido de https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/Planes_y_Programas/Planes_de_Ordenacion_y_Manejo_de_Cuencas_Hidrografica/La%20Vieja%20-%20POMCA%20en%20Ajuste/Fase%20Diagnostico/7_CapituloI_Diagnostico_Morfometria.pdf

Ministerio de Vivienda, ciudad y territorio . (19 de marzo de 2014). *Ministerio de Vivienda, ciudad y territorio de la republica de colombia* . Obtenido de https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/2020-08/0154-2014.pdf

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia. (23 de 04 de 2012). *Minvivienda.* Obtenido de https://minvivienda.gov.co/normativa/ley-1523-2012#:~:text=Por%20el%20cual%20se%20Adopta,y%20se%20dictan%20otras%20disposiciones.

Ministra de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. (2004). *RESOLUCION NÚMERO 0865.* Obtenido de MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL: https://www.cornare.gov.co/instrumentos-economicos/tasa-por-uso/normatividad/Resolucion_865_2004.pdf

National Centers for Environmental Information. (2024). *Oscilación del Atlántico Norte (NAO).* Obtenido de https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/nao/

Nené Preciado, A., González Sansón, G., Mendoza, M., & Silva Bátiz , F. (Diciembre de 2017). *Cambio de cobertura y uso de suelo en cuencas tropicales costeras del Pacífico central mexicano.* Obtenido de Science Direct: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0188461118300062

NOAA/ Servicio Meteorológico Nacional Centros Nacionales de Predicción Ambiental . (2024). *Centro de predicción climatica.* Obtenido de https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (15 de Septiembre de 2015). *Objetivos de desarrollo sostenible* . Obtenido de NACIONES UNIDAS: https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/

Orozco, O. L., & Carvajal Escobar, Y. (2008). *Incidencia de El Niño-Oscilación del Sur en la precipitación y la temperatura del aire en Colombia, utilizando el Climate Explorer.* Obtenido de Grupo IREHISA, Universidad del Valle: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-34612008000100009

Puertas Orozco, O. L., & Carvajal Escobar, Y. (Junio de 2008). *Incidencia de El Niño-Oscilación del Sur en la precipitación y la temperatura del aire en colombia, utilizando el Climate Explorer.* Obtenido de INGENIERÍA & DESARROLLO.

Quimbay-Moreno, R. J., Miranda-Gómez, J., & Robles-Cruz, L. (2014). *Diseño de la metodología para determinar caudales característicos mensuales multianuales en una cuenca rural no instrumentada a través del programa HEC-HMS.* Obtenido de La Universidad Católica de Colombia : https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/1ca99f38-8da8-4f3c-b295-55ec62774621

Rodriguez, M. A. (2017). *TRABAJO PRÁCTICO DE CLIMATOLOGIA DE LA UNIVERSIDAD DE LA RIOJA.* Obtenido de Aplicación de índices y clasificaciones climáticas : file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-TrabajoPracticoDeClimatologia-699751.pdf

Rommel Daconte B.; Rosalba Salinas E. (2013). *Ministerio de Minas y Energía Servicio Geológico Colombiano.* Obtenido de Plancha 76.

Ruiz Romera , E., & Martínez Santos, M. (2024). *TEMA 5. ESCORRENTÍA* . Obtenido de Hidrología Aplicada: Escorrentía:

https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/47725/mod_resource/content/1/Material_Docente/Tema_5.pdf

Tapia, C. E., & Flores Cevallos, K. (2021). *PRUEBAS PARA COMPROBAR LA NORMALIDAD DE DATOS EN PROCESOS PRODUCTIVOS: ANDERSON-DARLING, RYAN-JOINER, SHAPIRO-WILK Y KOLMOGÓROV-SMIRNOV*. Obtenido de Universidad de Panamá: http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/341/3412237018/html/index.html#redalyc_3412237018_ref14

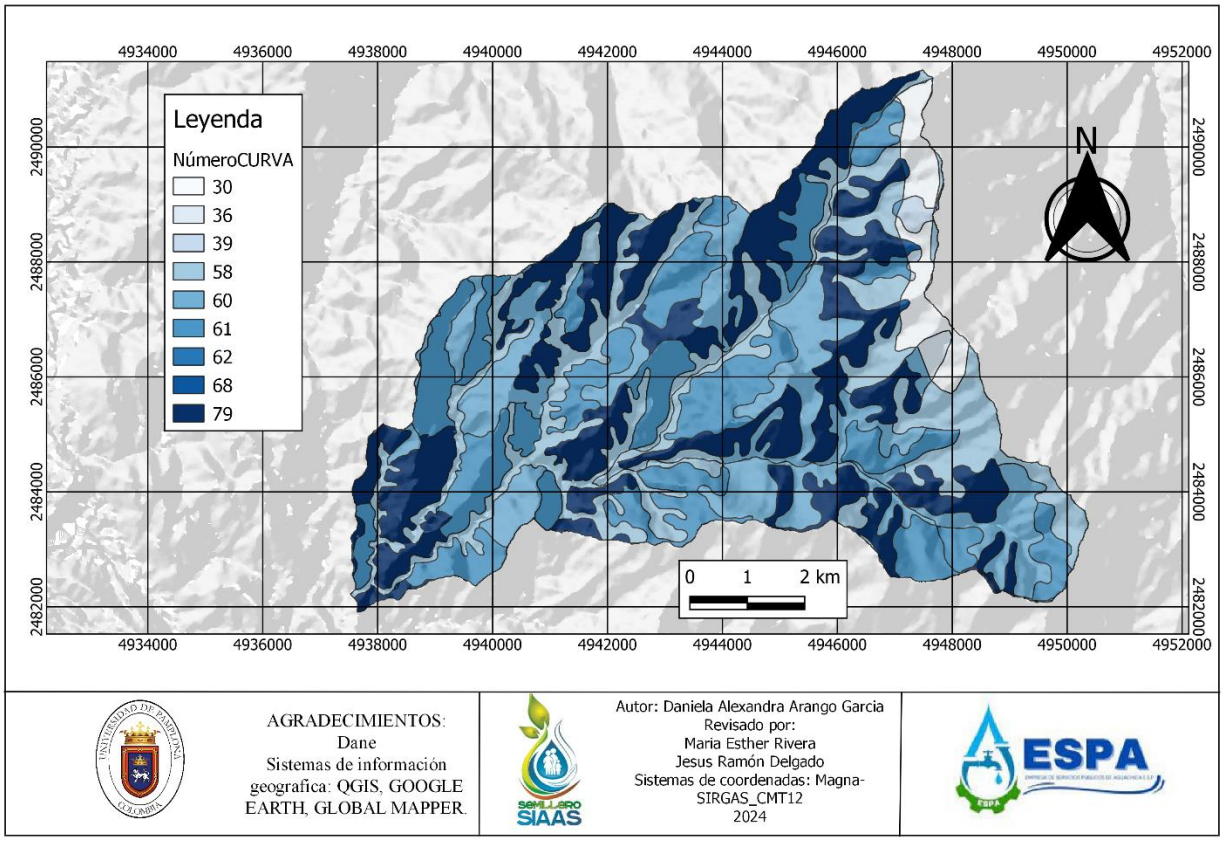
Utel Universidad. (2019). *Introducción a la modelacion y series de tiempo.* Obtenido de https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w24932w/S4_M1CDN107_C.pdf

Valderrama-Balaguera, J., Castro-Silva, H., & Dávila Carrillo, C. (27 de agosto de 2021). *Pronósticos de variables climatológicas mediante los modelos de punto de cambio y Holt-Winters.* Obtenido de Fundación de Estudios Superiores Comfanorte: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/admin,+ART25.pdf

world meteorological organization . (2024). *Fenómenos atmosfericos.* Obtenido de El Niño/La Niña: https://wmo.int/topics/el-nino-la-nina

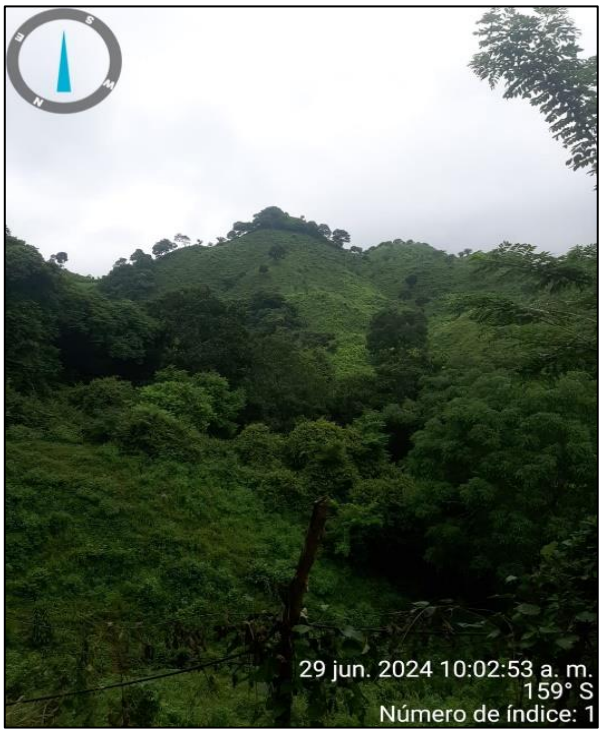
Anexos

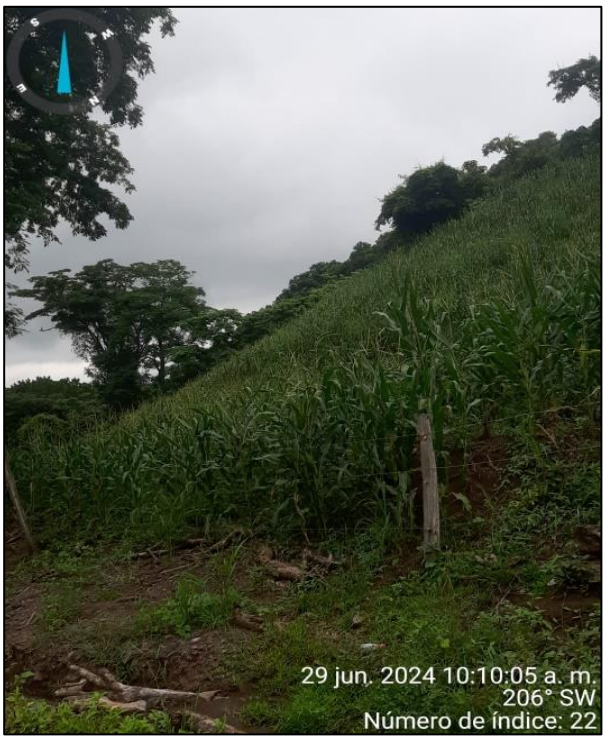
Anexos 1 Número de curva



Fuentes: Arango (2024)

Anexos 2 Cobertura



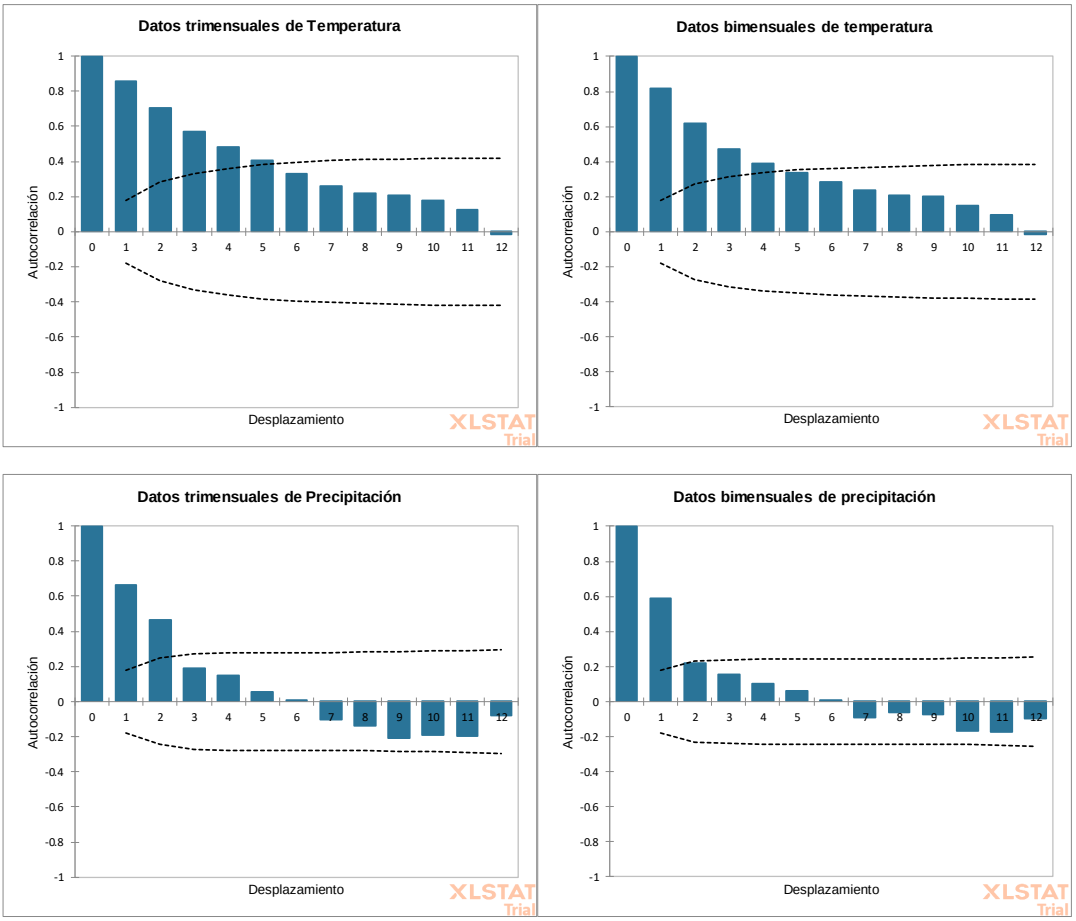






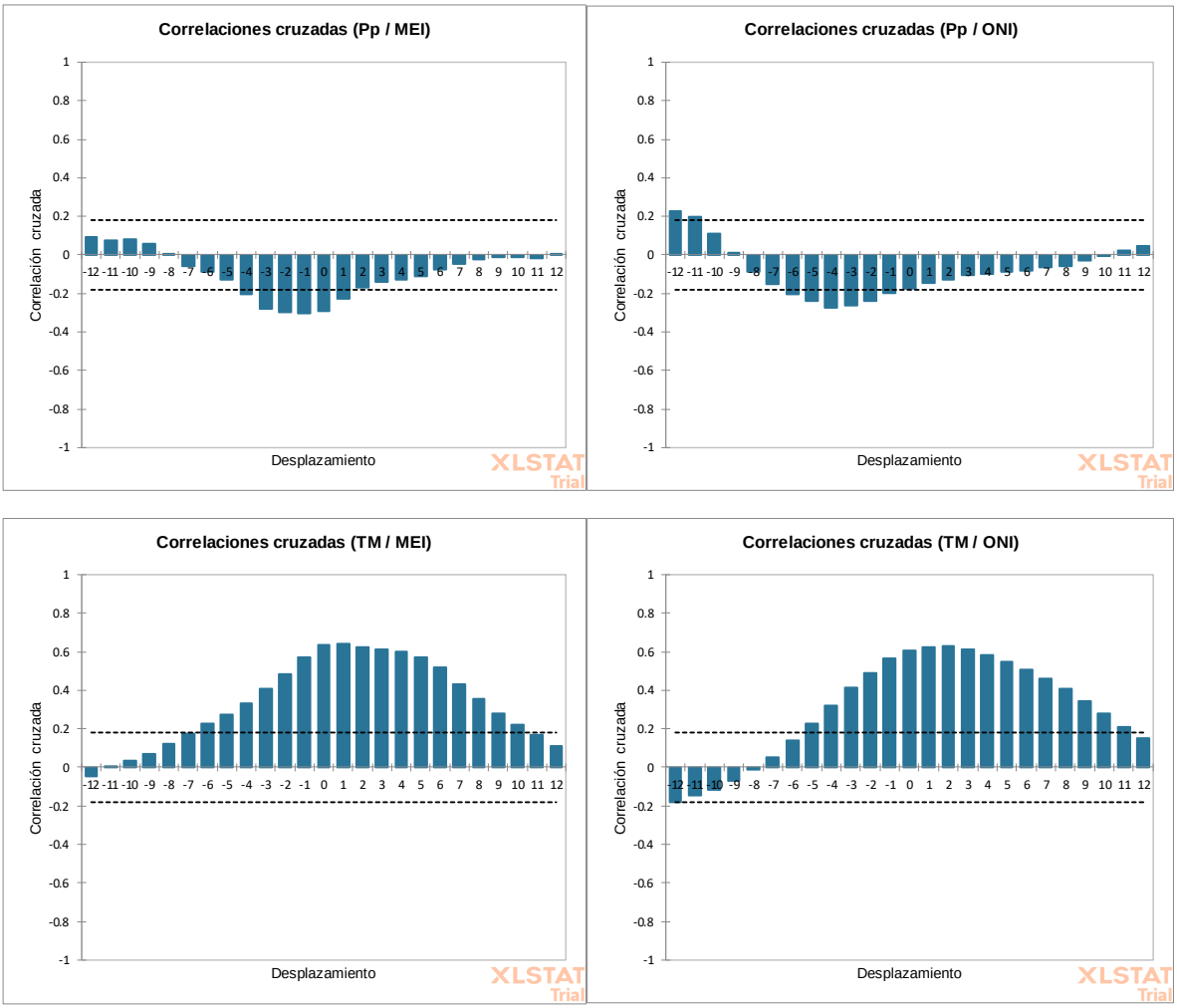
Fuentes: Arango (2024)

Anexos 3 Autocorrelaciones



Fuentes: Arango (2024)

Anexos 4 correlaciones cruzadas



Fuentes: Arango (2024)

Anexos 5 Encuesta

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

La presente encuesta se realiza con fines académicos, sin algún tipo de ánimo de lucro, para la culminación de la etapa de trabajo de grado basado en **"Evaluación de la incidencia del fenómeno del niño en los caudales de la quebrada Buturama del municipio de Aguachica, Cesar"** a cargo de la estudiante Daniela Alexandra Arango Garcia identificada con la C.C. 1007571696 bajo la dirección de la Lic. PhD Maria Esther Rivera y el Geol. MSc. Jesús Ramon Delgado Rodríguez. Teniendo presente los principios y disposiciones de los datos establecidas en la ley SIC-1581 de 2012, resaltando la confidencialidad y no publicación de datos de las personas encuestadas.

Datos del encuestado

Nombre_____

_____

Fecha de aplicación de la encuesta_____

Nombre del predio_____

Responder las siguientes preguntas con responsabilidad y argumentos según considere.

1. ¿Cuántos integrantes conforman el hogar?

____ entre 1 y 2 ____ entre 3 a 5 ____ más de 6 personas

2. ¿Cuál es tu principal fuente de agua?

____ Agua potable suministrada por la empresa de servicios públicos

____ Pozo subterráneo

____ Quebrada, caño o arroyo cercano

Otro ¿Cuál? _____

3. ¿Qué usos le proporciona al recurso hídrico?

____ Domestico ____ Agricultura ____Ganadería

Otro

_____

_____

3. ¿con que frecuencia experimenta escasez de agua?
   _____ Nunca
   _____ Con frecuencia
   _____De manera continua

4. ¿En qué meses se ve más afectado por sequia?
   _____ diciembre, enero, febrero
   _____ marzo, abril, mayo
   _____junio, julio, agosto
   _____ septiembre, octubre, noviembre

5. ¿Cómo considera que se ha visto afectado por la sequía?

   _____

   _____

   _____

6. ¿se ve afectado por lluvias constantes?

_____ Sí _____No

Si su respuesta fue sí en la antigua pregunta, responda la siguiente pregunta:

7. ¿En qué meses se ve más afectado por lluvias?

   _____ diciembre, enero, febrero

   _____ marzo, abril, mayo

   _____junio, julio, agosto

   _____ septiembre, octubre, noviembre

8. ¿Cómo considera que se ha visto afectado por las lluvias?

   _____

   _____

   _____

9. ¿Realiza actividades agrícolas en su predio?

   ____ Sí ____No

   Si su respuesta fue sí en la antigua pregunta, responda la siguiente pregunta:

10. ¿Qué actividades agrícolas realiza?

    ____ Cultivo de cereales (maíz, trigo, arroz, etc.)

    ____ Cultivo de frutas y hortalizas

    ____ Ganadería (cría de ganado vacuno, porcino, ovino, etc.)

    ____ Avicultura (cría de aves de corral)

    Otro ¿Cuál?

_____
____

11. ¿Cuántas hectáreas tiene cultivadas?

_____
___

12. ¿Ejecuta actividades pecuarias en su predio?

____ Sí ____No

13. ¿Qué animales tiene en su predio?

_____
_____
_____
_____
_____

14. ¿Cuántos animales tiene en su predio por especie?

_____

15. ¿se ve afectado por lluvias constantes?

_____ Sí _____No

Si su respuesta fue sí en la antigua pregunta, responda la siguiente pregunta:

16. ¿En qué meses se ve más afectado por lluvias?

_____ diciembre, enero, febrero
_____ marzo, abril, mayo
_____junio, julio, agosto
_____ septiembre, octubre, noviembre

17. ¿Cómo considera que se ha visto afectado por las lluvias?

_____

_____

_____

Fuentes: Arango (2024)

Anexos 6 Captación del sistema de acueducto del municipio de Aguachica







Fuentes: Arango (2024)